Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke, Würzburg
Direktor: Professor Dr. Walter KLEY

Vektorielle Augenbewegungsanalyse des Spontannystagmus und während des rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Testes

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Luise von Heßberg
aus Köslin / Pommern

Würzburg, den 23. September 1981

1982

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke, Würzburg
Direktor: Professor Dr. Walter KLEY

Vektorielle Augenbewegungsanalyse des Spontannystagmus und während des rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Testes

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Luise von Heßberg
aus Köslin / Pommern

Würzburg, den 23. September 1981

Referent: Professor Dr. C. F. Claussen

Koreferent: Professor Dr. W. Kley

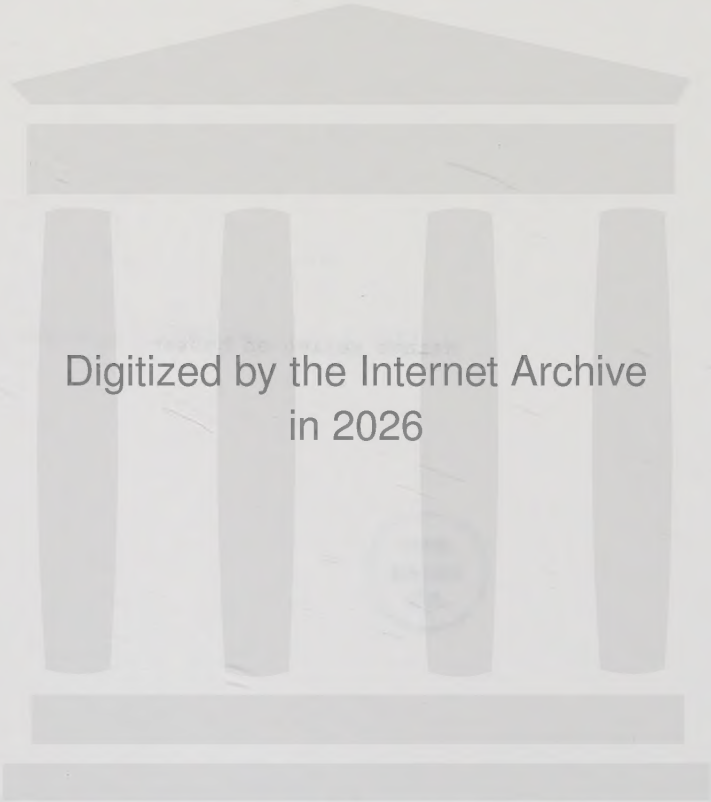
Dekan: Professor Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 26.1.1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Meiner geliebten Mutter


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543526_0038

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. VERSUCHE	2
1. Probandenkollektiv	2
2. Versuchsaufbau	2
2.1. Das Elektronystagmogramm	2
2.2. Der Spontannystagmus	3
2.3. Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test	5
3. Datenerhebung und Datenverarbeitung	5
III. ERGEBNISSE	8
1. Statistik	8
1.1. Tabellarische Erfassung statistisch gesicherter Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen	8
1.11. Prüfung auf Normalverteilung	8
1.12. Augenbewegungen in Gegenrichtung	8
1.13. Nystagmus-Auswertung, Vergleiche der Schlagraten und der vektoriell zerlegten Amplitudenwerte	9
1.14. Steigungs- und Lagefaktorenvergleiche der postrotatorischen Reaktionskennlinien	14
1.15. Winkel- und Frequenzverhältnisvergleiche	17
1.16. Tabellarischer Teil	21
1.2. Winkelhistogramme über die bevorzugte Nystagmusrichtung	42
1.3. Schlagratenverhältnisse im RIDT	51
1.4. Das Wandern des Nystagmus während des RIDT	60
2. Kasuistik	65
IV. DISKUSSION	70
1. Vektorielle Augenbewegungsanalyse mittels des Elektronystagmogramms	70

2. Motorischer Bewegungsapparat und Innervation des Auges 71
3. Der durch verschiedene Auslösemechanismen mögliche Spontannystagmus 74
4. Vom Ohr ausgelöste Nystagmen 75
4.1. Entstehung und Richtung 75
4.2. Ergebnisse des Alters- und Geschlechtsvergleichs 76
4.3. Nystagmen in entgegengesetzter Richtung 78
4.4. Unterschiede zwischen nach nasal und nach temporal gerichteten Nystagmen 79

V. ZUSAMMENFASSUNG 81

VI. LITERATURVERZEICHNIS 83

I. EINLEITUNG

In der Gleichgewichtsfunktionsprüfung spielt heute die Elektronystagmographie eine immer größere Rolle. Sie wurde 1922 von SCHOTT in Köln zum erstenmal eingesetzt und beruht auf einer Registrierung von elektrischen Phänomenen im Zusammenhang mit Augendipolbewegungen über Hautelektroden.

Bei einer Reizung des Labyrinthes tritt ein typisches dreieckförmiges Augenbewegungsmuster auf, der Nystagmus; dieser kommt auch spontan vor. Er setzt sich zusammen aus einer langsamen Augenauslenkung und einer schnellen Rückstellbewegung. Da die Retina als Ausstülpung von Hirngewebe eine negative Ladung aufweist und die bradytrophe Cornea eine positive kommt es zu einer Potentialverschiebung bei Augenbewegungen. AANTAA fand einen circadianen Rhythmus und eine Abhängigkeit des Bestandspotentials von der Beleuchtung. In dieser Arbeit werden alle Aufzeichnungen unter gleichen Beleuchtungsbedingungen durchgeführt. Der circadiane Rhythmus wird außer acht gelassen. Der Spontannystagmus wird bei offenen und bei geschlossenen Augen erfaßt und der rotatorische Intensitäts-Dämpfungs-Test durchgeführt. Die Ausführung dieses Testes erfolgt mit Hilfe eines Drehstuhles, der es erlaubt einen ganz genau abmeßbaren stufenförmigen Stimulus an beiden Innenohrrezeptoren gleichzeitig angreifen zu lassen. Ein Bogengang - der Rezeptor in Drehrichtung - erhöht seine Informationsproduktion während der Drehung, während der drehrichtungsentgegengesetzte Rezeptor seine Informationsproduktion vermindert.

Mit Hilfe dieses exakt dosierbaren Stimulus soll in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen werden, die vektoriell zerlegten, elektronystagmographisch meßbaren Amplitudenwerte und die dazugehörigen Frequenzen für monokuläre und binokuläre simultane polygraphische Nystagmusableitungen auf ihre Veränderungen innerhalb eines Testes hin zu untersuchen und altersabhängige und geschlechtsspezifische Merkmale zu erkennen. Auch der Spontannystagmus wird auf diese Unterschiede getestet.

II. VERSUCHE

1. Probandenkollektiv

Die Probanden sind unausgelesen aus dem Krankengut der neuro-otologischen Abteilung des Kopfklinikums Würzburg entnommen worden. Es handelt sich dabei um Patienten der medizinischen Klinik, der neurologischen Klinik, der Hals- Nasen- Ohrenklinik, der orthopädischen-, chirurgischen-, ophthalmologischen und gynäkologischen Klinik.

In der Zeit vom 1. Januar 1977 bis 14. April 1978 wurden insgesamt 188 Patienten elektronystagmographisch untersucht. 80 Patienten (= 42,6%) sind Männer und 108 Patienten (= 57,4%) sind Frauen. Das Alter der Patienten liegt zwischen 10 und 78 Jahren. Es sind 7 Altersgruppen gebildet worden, die noch einmal nach dem Geschlecht unterteilt worden sind.

Folgende Aufstellung gibt über die Geschlechtsverteilung des Probandenkollektivs Auskunft:

Alter	10-19J	20-29J	30-39J	40-49J	50-59J	60-69J	70-79J
männl.	8	11	10	15	16	10	10
weibl.	10	10	19	18	26	15	10

2. Versuchsaufbau

2.1 Das Elektronystagmogramm (ENG)

Die Ableitung der Potentialdifferenz am Auge, zwischen Retina und Cornea, erfolgt durch Z-Elektroden aus Silberblech. Diese haben einen Durchmesser von 15 mm, die Oberflächen werden ständig blank gehalten. Um die Elektrodenhautwiderstände zu verbessern wird die Gesichtshaut durch Abreiben mit 70%igem Alkohol entfettet. Die Elektroden werden mit ionenhaltiger und daher gut leitender Elektrodencreme bestrichen und mit bleifreiem, hautschonendem Pflaster aus Plastikfolie (Leukoflex^{R} Beiersdorf) nach folgendem Schema befestigt: je ein Elektrodenpaar ober- und unterhalb beider Augen, außerdem je eine Elektrode an den

beiden äußeren Augenwinkeln und eine auf der Nasenwurzel. Auf diese Weise kann man für beide Augen getrennt sowohl den horizontalen als auch den vertikalen Nystagmus ableiten. Durch Zusammenschalten der horizontalen Elektroden ergibt sich eine Addition der Potentiale beider Augen und damit der Nystagmen in horizontaler Richtung. Fehlt ein in den monokulären Ableitungen vorhandenes Signal in der binokulären Spur, so kann man daraus folgern, daß es durch Interferenz ausgefallen sein muß. Die Registrierung erfolgt mit unabgeschirmten Elektrodenleitkabeln und einem abeschirmten Gerätezuleitungskabel. Auf Kanal 1 des "Hellige Neurostat" ENG - Schreibers wird die Laufgeschwindigkeit des Papiers in Sekunden aufgetragen, auf Kanal 2 erscheint die Kontrollableitung als Addition der beiden horizontalen Ableitungen, auf Kanal 3 die Horizontalableitung des rechten, auf Kanal 4 die des linken Auges. Der Kanal 5 ist der Aufzeichnung von Stimulusereignissen vorbehalten. Auf Kanal 6 wird das EKG nach dem Einthoven - Schema aufgezeichnet, um vegetative Begleitreaktionen beurteilen zu können. Auf Kanal 7 erscheint die vertikale Ableitung des rechten Auges und auf Kanal 8 die des linken Auges.

Die Eichung aller ENG - Kurven erfolgt durch einen Eichimpulsgenerator der in den Polygraphen eingebaut ist. Das Gerät ist so eingestellt, daß ein Impuls von 200 uV einem Ausschlag von 1 cm Höhe entspricht. Da die Strichdicke 1 mm beträgt, kann ein Impuls von 20 uV noch identifiziert werden. 20 uV Zeigerausschlag entsprechen ungefähr einer Nystagmusbewegung von 0,5 bis 1° Augenauslenkung (FRÖLICH). Beim EKG beträgt die Amplitude der Eichzacke bei 1 000 uV 1 cm Höhe. Die Papiergeschwindigkeit ist mit 10 mm pro Sekunde konstant.

Der Versuchsaufbau entspricht dem von CLAUSSEN, AUST, HORTMANN und MÜLLER-KORTKAMP angegebenen. Er war bei allen Messungen der Gleiche.

2.2 Der Spontannystagmus

Der Nystagmus, der spontan, ohne irgendeinen Stimulus, auftritt, stellt die Basisaktivität dar. Er wird am aufrecht sit-

zenden Probanden mit 30° anteflektiertem Haupt über 60 Sekunden aufgezeichnet; dabei dient das 2. 30-Sekunden-Intervall, das auch als zentrale Nystagmusfrequenz von CLAUSSEN bezeichnet wird, der Auswertung. Der Spontannystagmus wird einmal bei offenen Augen und konstanter Beleuchtung registriert und einmal im abgedunkelten Raum mit geschlossenen Augen.

Abb.1 Patientin auf dem Drehstuhl

2.3 Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT)
Beim RIDT sitzt der Patient mit 30° anteflektiertem Kopf auf einem elektrisch programmierbaren Drehstuhl, mit dem lineare Drehbeschleunigungen erzeugt werden. Diese lineare Drehbeschleunigung von 3,0 Grad pro Sekunde x Sekunde wird während 30 Sekunden appliziert (CLAUSSEN, AUST, HORTMANN und MÜLLER-KORTKAMP). Nach perrotatorischer Andrehung des Patienten auf 90 Grad pro Sekunde Endgeschwindigkeit wird diese über mindestens 3 Minuten konstant beibehalten. Dadurch kann der perrotatorische Nystagmus gedämpft werden, denn das Vestibularsystem spricht nicht auf konstante Geschwindigkeiten an. Danach wird der Drehstuhl binnen 1/3 Sekunde abrupt abgebremst, wodurch ein nadelförmiger Beschleunigungsimpuls von ca. 270 Grad pro Sekunde x Sekunde entsteht, der die obere Beschleunigungsdiskrimationsgrenze deutlich überschreitet (CLAUSSEN und LÜHMANN). Diese soll bei 180 Grad pro Sekunde x Sekunde liegen. Während der auf die Abbremsung folgenden 30 Sekunden wird der postrotatorische Nystagmus ausgewertet. Nach einer Erholungszeit von 3 Minuten erfolgt die Drehung in Gegenrichtung.

3. Datenerhebung und Datenverarbeitung

Die Aufzeichnung der Nystagmen ergibt sägezahnähnliche Muster, die zuerst qualitativ ausgewertet werden. Vereinbarungsgemäß werden Augenbewegungen nach rechts durch Schreibzeigerdeviationen nach oben, und Augenbewegungen nach links durch Zeigerauslenkungen nach unten dargestellt. In den Vertikalableitungen gleicht ein Nystagmus nach oben einem nach rechts in der Horizontalableitung, und eine Augenbewegung nach unten einem Nystagmus in der Horizontalableitung nach links.

Bei sämtlichen durchgeführten Tests, nämlich Spontannystagmus bei geschlossenen und offenen Augen, RIDT mit Rechts- und Linksdrehung unterteilt in perrotatorische und postrotatorische Phase, erfolgt auch eine quantitative Auswertung. Diese bedient sich folgender Parameter: es wird die mittlere Nystagmusamplitude (= Höhe der Augenauslenkung) über 30 Sekunden er-

mittelt und die Nystagmusschlagrate (= Anzahl der Augenbewegungen) über den gleichen Zeitraum ausgezählt. Die postrotatorische Auszählung der Nystagmusschlagrate wird außerdem noch unterteilt, und zwar werden die ersten 5 Sekunden, die ersten 10 Sekunden und die ersten 30 Sekunden ausgezählt. Die Schlagratensumme des Perrotatorius während 30 Sekunden im Kulminationsbereich wird in den perrotatorischen Quadranten des RIDT-Schemas übertragen (s. Abb. 2). Der Abszissenabschnitt entspricht mit 30 mm 30 Sekunden Auswertezeit. Auf der Ordinatenparallelen wird die Nystagmusschlagrate abgetragen. Die Verbindungslinie zwischen dem so gefundenen Schlagratenpunkt und dem Zentrum entspricht der perrotatorischen RIDT-Kennlinie. Der zwischen dem 28. und 62. Nystagmusschlag pro 30 Sekunden schraffierte Bereich ist der Normbereich (CLAUSSEN). 1971 stellte CLAUSSEN fest, daß bei doppeltlogarithmischer Auftragung des postrotatorischen Nystagmus eine annähernd lineare Kennlinie erreicht wird. Auf der Abszisse sind die Sekunden, auf der Ordinate die Nystagmusfrequenz abzutragen. Diese Kennlinie führt nicht durch den Nullpunkt. Der Normbereich ist schraffiert eingetragen (s. Abb. 2).

Alle erhobenen Daten (ca. 40 000) sind auf Datenträger aufgenommen und einer statistischen Berechnung im Rechenzentrum der Universität Würzburg zugeführt worden. Hauptsächlich ist der t-Test für unverbundene Variable und der U-Test als statistische Tests benutzt worden.

Rotatorischer Intensitäts – Dämpfungs – Test (RIDT) nach Claussen

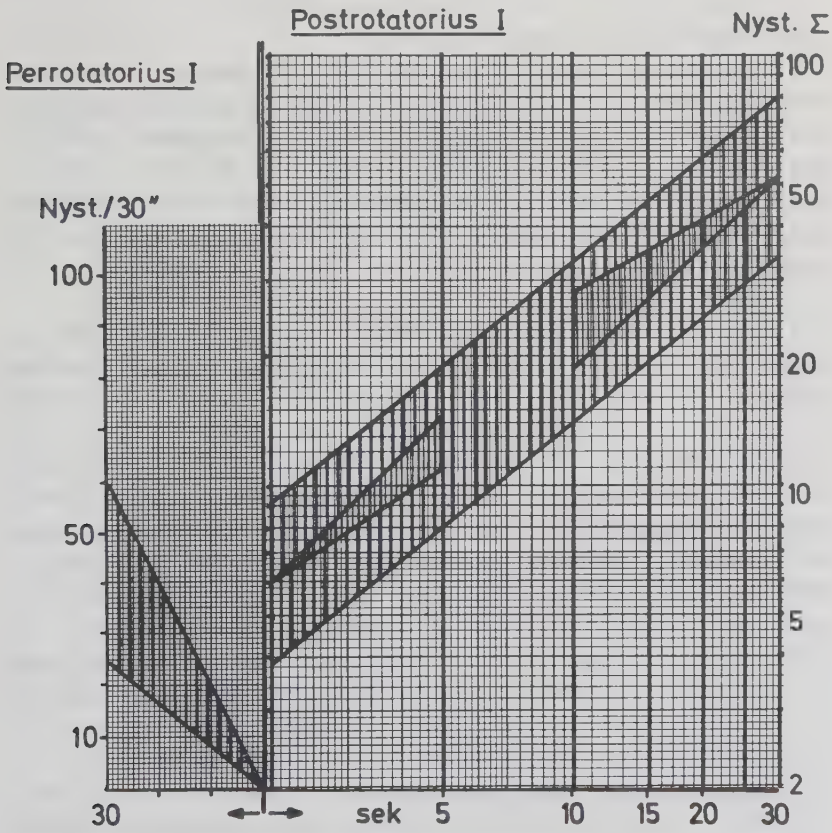


Abb. 2

III. ERGEBNISSE

1. Statistik

1.1. Tabellarische Erfassung statistisch gesicherter Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen

1.11. Prüfung auf Normalverteilung

Die Amplitudenmittelwerte der Elektronystagmogramme sämtlicher Prüfungen zeigen keine Normalverteilung. Ihre Verteilungskurve steigt steil an und fällt dann langsam ab. Das heißt, daß viele Probanden nur eine geringe Auslenkung der Augen zeigen. Die Frequenz des Spontannystagmus ist häufig gering, deshalb ist diese auch nicht normal verteilt. Einzig beim RIDT ist die Frequenz in der Hauptschlagrichtung normal verteilt.

Die späteren Ausführungen (ab Kap. III.1.13) beziehen sich umfassend und beinahe ausschließlich auf die Hauptschlagrichtung.

1.12. Augenbewegungen in Gegenrichtung

Ein Ausschlag entgegen der zu erwartenden horizontalen Richtung ist insgesamt bei 20,1% der Probanden vorgekommen, wobei bei 2,1% beide Augen keinen Nystagmus nach links aufweisen. Daß beide Augen keinen Ausschlag nach rechts zeigen kommt dagegen nur in 0,5% der Fälle vor. Das rechte Auge alleine schlägt bei 2,1% der Patienten nicht nach links. Daß das linke Auge nicht nach rechts schlägt kommt nur bei 0,5% vor.

Untersucht man ob bei zu erwartender nasaler Richtung oder bei zu erwartender temporaler Richtung mehr Nystagmen in Gegenrichtung auftauchen, so stellt man fest, daß dies eindeutig bei zu erwartender nasaler Richtung geschieht. Den folgenden Ausführungen können die einzelnen Prozentzahlen entnommen werden:
Die perrotatorische Rechtsdrehung verursacht bei 1% der Probanden keinen Ausschlag des rechten Auges nach rechts, in 2,7%

zeigt das linke Auge keinen Nystagmus nach rechts. Bei der postrotatorischen Rechtsdrehung schlägt das rechte Auge in 8% rechts und das linke Auge bei 7%.

Bei der perrotatorischen Linksdrehung weist das rechte Auge in 9% einen Nystagmus nach rechts auf; das linke Auge dagegen nur in 2,7%. Die postrotatorische Linksdrehung zeigt beim rechten Auge in 1,6% Nystagmen nach links und beim linken Auge in 5,9%.
Eine Erklärung dafür ist die Interferenz der elektrischen Felder beider Augendipole. In der Diskussion wird noch einmal darauf eingegangen.

Diese Fälle - Nystagmen in Gegenrichtung - sind ausgesondert worden und nehmen an der weiteren Datenverarbeitung nicht teil.

1.13. Nystagmus-Auswertung: Vergleiche der Schlagraten und der vektoriell zerlegten Amplitudenwerte

Frequenzen und Amplituden werden auf signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen geprüft. In den Tabellen sind die Gruppen aufgeführt, deren Unterschied mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95% bei einer neuerlichen Prüfung wieder zu erwarten ist. Zu diesem Zweck ist, soweit eine Normalverteilung vorliegt, der t-Test unverbundener Variabler verwendet worden, ansonsten wurde der verteilungsunabhängige U-Test durchgeführt.

Nystagmusamplituden (Übersicht)
Die Tabelle 1a (Amplituden) zeigt die Ergebnisse aller Probanden unterteilt in Altersgruppen, die auf signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern untersucht wurden.

Die 1. Spalte zeigt alle Probanden ohne weitere Unterteilung. Der Spontannystagmus bei geöffneten Augen (a) zeigt höhere Amplitudenwerte bei den Männern. Bei geschlossenen Augen (b) konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Der RIDT (c-f) weist höhere Amplitudenwerte des weiblichen Geschlechtes auf, hauptsächlich in horizontaler Richtung. Die

2. Spalte, die Gruppe der 10 - 19jährigen kommt nur auf 2 signifikante Unterschiede, einmal beim Spontannystagmus mit offenen Augen hat das männliche Geschlecht und einmal beim RIDT, postrotatorische Linksdrehung (f) das weibliche Geschlecht höhere Amplituden. In der Altersgruppe der 20 - 29jährigen ergibt sich ein ähnliches Bild, so daß man sagen kann, daß junge Menschen kaum geschlechtsspezifische Unterschiede in der Amplitudenhöhe zeigen, zumal es sich bei den erzielten Unterschieden um Vertikalausschläge handelt, die bei kleinen Gruppen vorkommen, da sie sich noch einmal in Auf- und Abwärtsschläge aufteilen. Die 30 - 39jährigen Frauen weisen im RIDT signifikant höhere Amplituden auf als die Männer. Bei den noch Älteren werden nur noch beim Spontannystagmus deutliche Unterschiede erreicht. Die 60 - 79jährigen Frauen weisen 4 mal signifikant höhere Amplituden auf.

Nystagmusfrequenzen (Übersicht)
Die Tabelle 1b ist in der gleichen Aufteilung wie Tabelle 1a über die dazugehörigen Frequenzen erstellt. Der Spontannystagmus bei geschlossenen Augen zeigt wie der RIDT eine höhere Schlagrate der Frauen, mit Ausnahme der 10 - 19jährigen und der 60 - 78jährigen Probanden. Die 10 - 19jährigen zeigen bei der postrotatorischen Rechtsdrehung ein Überwiegen des männlichen Geschlechts, die Ergebnisse sind hier sonst nicht eindeutig. Bei den 60 - 78jährigen haben die Männer die höheren Frequenzen. Vereinfachend kann man sagen, daß die 10 - 29jährigen sich indifferent verhalten sowohl in der Amplitudenhöhe als auch in der Frequenz. Die 30 - 59jährigen Frauen weisen höhere Werte als die Männer auf. Umgekehrt verhalten sich die 60 - 78jährigen.

In den folgenden Tabellen sind die Altersgruppen untereinander verglichen; jeder Gruppenvergleich ist noch einmal untergliedert in 3 Spalten: 1. Spalte umfaßt alle Probanden (al), 2. Spalte Frauen (x), 3. Spalte Männer (y). 1 bedeutet, daß die erstgenannte = jüngere Altersgruppe die signifikant höheren Werte aufweist, 2 die an 2. Stelle genannte = ältere.

Nystagmusamplitudenvergleich der 10 - 19jährigen mit allen anderen Altersgruppen
Die Tabelle 2a zeigt, daß die 10 - 19jährigen, mit Ausnahme des Spontannystagmus bei offenen Augen, die höheren Amplituden aufweisen. Die Aufschlüsselung nach Geschlecht erbringt keine zusätzlichen Erkenntnisse. Der Spontannystagmus bei offenen Augen zeigt nur signifikante Unterschiede bei den Frauen. Hier überwiegen einmal die 20 - 29jährigen und 2 mal die 40 - 49jährigen. Die 60 - 79jährigen Frauen haben auch beim Spontannystagmus die niedrigeren Amplituden.

Amplitudenvergleich der 20 - 29jährigen mit Älteren
Die Tabelle 2b zeigt, daß die Ergebnisse hier nicht so eindeutig sind. Beim Spontannystagmus mit geschlossenen Augen scheint die Aussage erlaubt, daß die älteren Männer die größeren Amplituden aufweisen, die 60 - 69jährigen kommen allerdings zu keinen signifikanten Ergebnissen. Im Vergleich der 20 - 29jährigen zu den 70 - 79jährigen zeigen die Jungen die höheren Amplituden bei den Horizontalausschlägen, die Vertikalnystagmen dagegen bestätigen die vorher gemachte Aussage. Die Ergebnisse des Spontannystagmus mit offenen Augen scheinen größere Amplituden bei den 20 - 29jährigen anzuzeigen. Eine eindeutige Aussage erlaubt die Anzahl der Ergebnisse aber nicht, auch die des RIDT nicht.

Amplitudenvergleich der 30 - 39jährigen mit Älteren
Die Tabelle 2c zeigt im RIDT unterschiedliches Verhalten der Geschlechter. Während bei den Männern die höheren Altersgruppen die größeren Amplituden aufweisen, scheinen es bei den Frauen die 30 - 39jährigen zu sein, die Anzahl der signifikanten Unterschiede ist allerdings geringer als die der Männer. Außerdem gibt es 3 umgekehrte signifikante Unterschiede. Der Spontannystagmus mit offenen Augen bleibt ohne statistisch gesicherte Unterschiede. Der Spontannystagmus mit geschlossenen Augen weist in 2 Ableitungen signifikante Unterschiede auf: der Nystagmus rechtes Auge abwärts zeigt ein Überwiegen der Älteren. Beim Nystagmus des linken Auges nach rechts haben einmal die Jüngeren und einmal die Älteren höhere Amplituden.

Amplitudenvergleich der Altersgruppen ab 40 Jahren
Die letzte Spalte der Tabelle 2c und die Tabelle 2d zeigen, daß die 40 - 49jährigen gegenüber den Älteren die höheren Amplituden aufweisen, ohne daß ein wesentlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern sichtbar wäre. Die Ergebnisse der Probanden ab dem 50. Lebensjahr sind unterschiedlich. Eine Interpretation würde weitere Untersuchungen erfordern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß nur die 10 - 19jährigen Probanden eindeutige Ergebnisse aufweisen, sie haben die größeren Amplituden bei beiden Geschlechtern. Interessant scheint das Verhalten der 30 - 39jährigen Männer mit ihren niedrigeren Amplituden gegenüber den älteren zu sein.

Die nächsten Tabellen zeigen dieselben Vergleichsgruppen. Hier ist anstelle der Amplituden die Nystagmusfrequenz auf statistisch gesicherte Unterschiede geprüft worden.

Frequenzvergleich der 10 - 19jährigen mit den Älteren
Die Tabelle 3a zeigt, daß der Spontannystagmus mit offenen Augen zu wenige gesicherte Ergebnisse erbringt um ihn eindeutig interpretieren zu können. Beim Spontannystagmus mit geschlossenen Augen haben die 10 - 19jährigen Männer eindeutig die höheren Frequenzen. Die Unterschiede bei den Mädchen sind nicht so groß, sie zeigen aber dieselbe Richtung wie die der jungen Männer. Eine Ausnahme bildet der Vergleich mit den 70 - 79jährigen Probanden. Sie zeigen 2 mal entgegengesetztes Verhalten.
Beim RIDT erzielt das männliche Geschlecht wieder eindeutige Ergebnisse, soweit es sich um einen Vergleich der 10 - 19jährigen mit den Altersgruppen bis 59 Jahre handelt. Die Schlagrate der Jungen ist höher. Bei den 60 - 69jährigen gibt es zwei Ausnahmen, die beide den Vertikalnystagmus betreffen. Bei den 70 - 79jährigen tauchen 2 mal (1 mal in der Horizontalableitung und 1 mal in der Vertikalableitung) Ergebnisse auf, die eine höhere Schlagrate der Alten statistisch gesichert aufweisen. Die 30 - 39jährigen Frauen haben (im Gegensatz zu den Männern) signifikant höhere Schlagraten als die jungen,

allerdings nur postrotatorisch. Ab dem 60. Lebensjahr gleicht das Ergebnis der Frauen dem der Männer. Die übrigen Altersgruppen der Frauen weisen keine oder unterschiedliche Ergebnisse auf.

Frequenzvergleich der 20 - 29jährigen mit Älteren
In der Tabelle 3b ist dieser Vergleich erfaßt. Der Spontannystagmus bei offenen Augen zeigt die Tendenz zu höheren Frequenzen bei den jungen Männern und bei den älteren Frauen. Allerdings ist bei der Ableitung rechtes Auge nach unten, die Schlagrate der 20 - 29jährigen Frauen höher als die der 40 - 49jährigen. Beim Spontannystagmus mit geschlossenen Augen zeigt die geringe Anzahl der Ergebnisse ein Überwiegen der Älteren. Der RIDT ergibt eine höhere Schlagrate der 30 - 39jährigen Frauen gegenüber den 20 - 29jährigen. Die 60 - 79jährigen Männer haben höhere Schlagraten als die jungen. Die übrigen Ergebnisse sind unterschiedlich und nur schwer einzuordnen.

Frequenzvergleich der 30 - 39jährigen mit Älteren
Dieser Vergleich, in der Tabelle 3c wiedergegeben, fällt eindeutiger aus als der vorhergehende. Im Spontannystagmus mit offenen Augen haben die älteren Probanden bei der Ableitung beide Augen nach links signifikant höhere Schlagraten, bei der Ableitung rechtes Auge nach unten liegen die Schlagraten der 30 - 39jährigen Frauen höher als die der 40 - 49jährigen. Bei geschlossenen Augen ist die Schlagrate der 30 - 39jährigen gegenüber allen Älteren niedriger. Im RIDT zeigen die 30 - 39jährigen Frauen höhere Frequenzen als die älteren (s. auch tab. 3a u. b). Umgekehrt liegen die Schlagraten der 60 - 79jährigen Männer, sie sind eindeutig höher als die der jüngeren (s. a. tab. 3b).

Frequenzvergleich der Altersgruppen ab 40 Jahren
Die Tabelle 3d zeigt diese Altersgruppen. Im Spontannystagmus bei geöffneten Augen ist die Frequenz der 40 - 49jährigen Männer höher als die der 70 - 79jährigen, außerdem haben die 50 bis 59jährigen Frauen höhere Frequenzen als die 70 - 79jähri-

gen. Beim Spontannystagmus mit geschlossenen Augen fällt auf, daß die 50 - 59jährigen Männer signifikant höhere Schlagraten haben als die 40 - 49jährigen. Im RIDT liegt die Schlagrate der 60 - 79jährigen Männer signifikant höher als die der 40 bis 59jährigen (s. a. vorhergehende Tabellen). Bei den 60 bis 79jährigen Frauen fällt der Vergleich umgekehrt aus, sie haben niedrigere Frequenzen als die 40 - 59jährigen.

Eine Korrelation zwischen Schlagraten und Amplituden konnte nicht nachgewiesen werden.

1.14. Steigungs- und Lagefaktorenvergleiche der postrotatorischen Reaktionskennlinien

Zur Erstellung der Tabellen 4a - e wurde der Postrotatorius verwendet, d. h. die Schlagraten, die sich 5 Sekunden, 10 Sekunden und 30 Sekunden nach der Abbremsung der Rechts- bzw. der Linksdrehung ergeben. Bildet man die Zuwachsfunktion der Schlagratenverteilung während 30 Sekunden nach dem Stopp und logarithmiert man dann sowohl die Sekunden als auch die Schlagraten in dieser Darstellung, dann erhält man eine Gerade, die man nach der Formel $y = ax + b$ berechnen kann (s. Abb. 2). Sowohl der Steigungsfaktor als auch der Lagefaktor aus dieser Formel sind daraufhin untersucht worden, ob sie geschlechts- oder altersspezifische Aussagen zu lassen. Der 1. Block einer Tabelle ist jeweils über den Steigungsfaktor, der zweite über den Lagefaktor erstellt. Der Postrotatorius nach Rechtsdrehung ist mit d gekennzeichnet, der nach Linksdrehung mit f.

Vergleich der Geschlechter in den einzelnen Altersgruppen
Die Tabelle 4a zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchung. Die Anzahl der signifikanten Unterschiede ist so gering, daß daraus keine eindeutige Richtung abgelesen werden kann. Das trifft sowohl für den Steigungs- als auch für den Lagefaktor zu.

Vergleich der 10 - 19jährigen mit höheren Altersgruppen
Der obere Block der Tabelle 4b ist über den Steigungsfaktor

erstellt. Er ist bei den 10 - 19jährigen signifikant größer als bei den Älteren. Die Frauen weisen nur wenige statistisch gesicherte Ergebnisse auf, die Männer etwas mehr. Auffallend ist die Ergebnishäufung bei der Linksdrehung in den Ableitungen rechtes Auge aufwärts gerichtete Nystagmen und linkes Auge aufwärts gerichtete Nystagmen, ohne daß dafür eine befriedigende Erklärung gegeben werden könnte, ebenso wenig wie für die Umkehrung der Unterschiede bei der Ableitung: linkes Auge nach unten, bei der Linksdrehung. Eine Rolle mag die Interferenz der elektrischen Felder der beiden Augen spielen, außerdem ist es eine Tatsache, daß bei der Linksdrehung mehr Vertikalnystagmen auftreten als bei der Rechtsdrehung (s. Kap. 1.3).
Im unteren Block dieser Tabelle - den Lagefaktoren - zeigt sich eine Parallele zu den Frequenzen. Die 30 - 39jährigen Frauen haben signifikant höhere Werte bei den Lagefaktoren. Dagegen überwiegt das weibliche Geschlecht der 10 - 19jährigen gegenüber den 70 - 79jährigen Frauen. Allerdings gibt es in diesem Fall nur bei der Rechtsdrehung signifikante Unterschiede.

Vergleich der 20 - 29jährigen mit Älteren
Bei den Steigungsfaktoren liegen kaum Ergebnisse vor. Die 60 bis 69jährigen Frauen liegen deutlich niedriger als die 20 bis 29jährigen, dies wird vor allem nach der Linksdrehung sichtbar. Im unteren Abschnitt - den Lagefaktoren - überwiegen wieder die 30 - 39jährigen Frauen, wenn auch nicht so deutlich wie in Tabelle 4b. Bei den 60 - 69jährigen Männern zeigt sich ebenso die Parallele zu den Frequenzen, auch sie haben die höheren Werte.

Vergleich der 30 - 39jährigen mit Älteren
Die Tabelle 4d ist wieder untergliedert in Steigungsfaktoren im oberen Block und Lagefaktoren im unteren Block. Die Steigungsfaktoren sind bei den 30 - 39jährigen Probanden gegenüber den 60 - 69jährigen größer, deutlich sichtbar in der Gruppe, die nicht nach Geschlecht getrennt ist, aber auch bei den Männern, bei den Frauen treten keine signifikanten Unter-

schiede auf.
Bei den Lagefaktoren weisen wiederum die 60 - 69jährigen Männer die höheren Faktoren auf (s. Tab. 4c). Die 60 - 69jährigen Frauen dagegen zeigen signifikant niedrigere Lagefaktoren als die 30 - 39jährigen. Auch die 40 - 59jährigen Frauen weisen vor allem nach der Rechtsdrehung niedrigere Werte auf als die 30 - 39jährigen.

Vergleich der höheren Altersgruppen, ab 40 Jahren, untereinander
Die Tabelle 4e weist erstmals eine größere Anzahl signifikanter Unterschiede für den Steigungsfaktor auf. Die 40 - 49jährigen Frauen haben größere Steigungsfaktoren als die 60 - 79jährigen, vor allem nach der Rechtsdrehung. Die 50 - 59jährigen Frauen liegen ebenfalls höher als die 60 - 79jährigen. Auch die Steigungsfaktoren der 50 - 59jährigen Männer sind größer als die der 60 - 79jährigen. Die Ergebnisse der 40 bis 49jährigen im Vergleich mit den 50 - 59jährigen und der 60 bis 69jährigen im Vergleich mit den 70 - 79jährigen widersprechen teilweise der oben sichtbaren Richtung, daß die Jüngeren die größeren Steigungsfaktoren aufweisen.
Im unteren Abschnitt setzen die 60 - 69jährigen Männer den aus den vorhergehenden Tabellen bekannten Trend fort, mit der Ausnahme, daß gegenüber den 70 - 79jährigen keine statistisch gesicherten Werte mehr erreicht werden. Die Lagefaktoren der 70 bis 79jährigen Frauen liegen signifikant höher als die der 40 - 59jährigen. Die übrigen Altersvergleiche zeigen keine deutlichen Unterschiede.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Steigungsfaktor der postrotatorischen Reaktionskennlinien der Jüngeren größer ist als der der 60 - 69jährigen Probanden. Die Anzahl der signifikanten Ergebnisse in den übrigen Alters- und Geschlechtsvergleichen ist nicht so groß, als daß sich daraus eine Regel ableiten ließe. Die Größe des Lagefaktors zeigt Parallelen zur Höhe der Schlagraten. Die 30 - 39jährigen Frauen weisen größere Lagefaktoren auf als alle Altersgruppen bis zu 69 Jahren. Der Lagefaktor der 60 - 69jährigen Männer ist gegenüber

den anderen größer, mit Ausnahme gegenüber den 10 - 19jährigen und den 70 - 79jährigen. Die postrotatorische Reaktionskennlinie der 60 - 69jährigen Männer liegt also höher und verläuft flacher als bei den jüngeren.

1.15. Winkel- und Frequenzverhältnisvergleiche

In den Tabellen 5a - e werden die Winkel, die die Augen beim RIDT beschreiben, zum Vergleich herangezogen. Das ENG zerlegt das Bewegungsfeld der Augen systematisch in horizontale und vertikale Vektoren. Die Augenbewegungen verlaufen nur selten streng horizontal oder vertikal, meistens handelt es sich um dazwischenliegende Winkel. Sie werden aus der mittleren Amolitudenhöhe des Vertikalnystagmus und der des Horizontalnystagmus berechnet. Dabei wird ein Horizontalnystagmus ohne Vertikalkomponente nach links als 0° gesetzt und ein solcher nach rechts als 180°. Ein reiner Vertikalschlag nach oben hat demnach 90° und ein solcher nach unten 270°. Diese Einteilung veranschaulicht Abbildung 3.

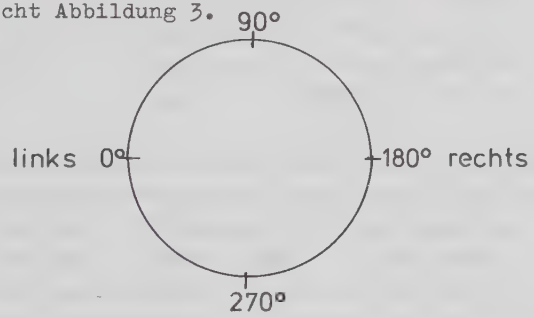


Abb. 3

Im unteren Abschnitt derselben Tabellen wird das Frequenzverhältnis (horizontal : vertikal) auf Alters- und Geschlechtsunterschiede untersucht.

Geschlechtsvergleich der vektoriell synthetisierten Nystagmusrichtung

Die Tabelle 5a zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern. In der Gruppe, die alle Probanden umfaßt, wird

deutlich, daß bei den Männern die Vertikalkomponente größer ist als bei den Frauen. Die 10 - 19jährigen Männer zeigen im Perrotatorius der Rechtsdrehung, bei der nach oben gerichteten Augenbewegung eine deutliche Betonung der horizontalen und bei der nach unten gerichteten Augenbewegung eine deutliche Betonung der vertikalen Komponente gegenüber dem weiblichen Geschlecht. Der Perrotatorius der Linksdrehung zeigt deutlich die größere vertikale Komponente bei der Augenbewegung nach oben beim männlichen Geschlecht. Die 30 - 39jährigen weisen zwei signifikante Unterschiede auf, einmal eine größere vertikale Komponente der Männer beim Postrotatorius der Rechtsdrehung (linkes Auge / Blickrichtung nach oben) und einmal eine deutlich größere horizontale Komponente bei den Frauen, Postrotatorius der Linksdrehung (linkes Auge / Augenbewegung nach oben). Eine Betonung der Vertikalen zeigt sich noch einmal bei den 40 - 49jährigen Männern, Postrotatorius der Linksdrehung, (linkes Auge / Nystagmus nach unten).
Im unteren Abschnitt dieser Tabelle sieht man, daß die Anzahl der horizontalen Nystagmen im Vergleich zur Anzahl der vertikalen bei den Frauen, vor allem bei den 70 - 79jährigen, größer ist als bei den Männern.

Vergleich der 10 - 19jährigen mit allen anderen Altersgruppen
Die Tabelle 5b zeigt bei den Winkeln kein einheitliches Bild. Die statistisch gesicherten Unterschiede werden nur selten durch das 2. Auge bestätigt und treten nie bei Rechts- und Linksdrehung gleichzeitig auf, die Angabe einer Richtung ist deshalb nicht möglich. Wesentlich anders sieht es beim Frequenzverhältnis aus. Der Faktor (horizontal:vertikal) ist bei den 10 - 19jährigen größer, besonders deutlich wird das gegenüber den 30 - 39jährigen Männern, den 70 - 79jährigen Männern und den 50 - 59jährigen Frauen.

Vergleich der 20 - 29jährigen mit Älteren
Für die Tabelle 5c gilt das bereits für die Tabelle 5b gesagte. Auffallend ist hier bei den Winkeln eine Ergebnishäufung bei 2 Ableitungen (von insgesamt 16). Im Winkelbereich von 90 bis 180° weisen die Älteren flachere Winkel auf als die Jungen.

Es handelt sich einmal um den Perrotatorius der Rechtsdrehung, rechtes Auge und einmal um den Postrotatorius der Linksdrehung, linkes Auge.
Im 2. Abschnitt haben wiederum die jungen gegenüber den älteren Probanden den größeren Faktor, und zwar besonders deutlich gegenüber den 30 - 39jährigen Männern und den 70 - 79jährigen Männern (s. a. Tab. 5b). Die Spalte, die alle Probanden der jeweiligen Altersgruppe erfaßt, weist gegenüber den 30 - 39jährigen, den 50 - 59jährigen und den 60 - 69jährigen Probanden die größeren Werte auf. Allerdings sind in den Spalten die nicht nach Geschlecht aufgeteilt sind auch 2 umgekehrte Ergebnisse: gegenüber den 40 - 49jährigen und den 70 - 79jährigen. Vielleicht ist das eine Vorwegnahme der folgenden Ergebnisse?

Vergleich der 30 - 39jährigen mit Älteren
Die Tabelle 5d zeigt diesen Altersgruppenvergleich. Auffallend ist, daß im Winkelbereich 90 - 180° die meisten signifikanten Unterschiede zu erzielen sind. Vor allem der Postrotatorius der Linksdrehung weist eine Ergebnishäufung in diesem Winkelbereich auf. (In den Tabellen 5b und c ist es mehr der Perrotatorius der Rechtsdrehung im selben Winkelbereich, der signifikante Unterschiede aufweist.) In allen Fällen haben die Älteren, meist die Frauen, die flacheren Winkel. Bei den 60 - 79jährigen ist der Winkel im Bereich nach oben gerichteter Augenbewegungen flacher, bei den nach unten gerichteten steiler, dies trifft auch für den Perrotatorius der Rechtsdrehung zu. Das Frequenzverhältnis (horizontal : vertikal) weist einen größeren Faktor der Älteren gegenüber den 30 - 39jährigen auf. Allerdings gibt es eine Ausnahme bei der perrotatorischen Rechtsdrehung / rechtes Auge ist der Faktor und somit die Anzahl der Horizontalnystagmen bei den 30 - 39jährigen größer.

Vergleich der höheren Altersgruppen, ab 40 Jahren, untereinander
Dieser Vergleich ist in der letzten Spalte der Tabelle 5d und in der Tabelle 5e aufgezeichnet. Alle Älteren haben flachere Winkel bei nach oben gerichteten Nystagmen und steilere Winkel bei nach unten gerichteten Nystagmen gegenüber den 40 - 49jäh-

rigen. Diese Aussage gilt nur für nach rechts gerichtete Nystagmen. Die nach links gerichteten Nystagmen weisen zu wenige signifikante Unterschiede auf, um daraus einen Trend ablesen zu können. Der Vergleich der 50 - 59jährigen mit noch Älteren erbringt ebenso nur wenige signifikante Unterschiede. Beim Frequenzverhältnis fällt auf, daß wieder die Jüngeren den größeren Faktor aufweisen und somit mehr Horizontalnystagmen als die Älteren. Genau umgekehrt verhalten sich allein die 30 - 39jährigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der Winkelbereich von 90 - 180° besonders zur Differenzierung geeignet erscheint, sowohl für Alters- als auch für Geschlechtsvergleiche. Ein wesentlicher Unterschied zwischen temporal- und nasalwärts gerichteten Augenbewegungen läßt sich nicht erkennen. Ein flacher Winkel im Bereich von 90 - 180° ist in derselben Gruppe häufiger mit einem steileren im Winkelbereich von 180 - 270° gekoppelt. Die Linksnystagmen haben nur sehr wenige signifikante Unterschiede. Bei einer Faktorbildung aus horizontaler und vertikaler Frequenz haben bis auf die 30 - 39jährigen immer die Jüngeren den höheren Faktor. Gegenüber den 30 - 39jährigen weisen die Älteren die größere Anzahl horizontaler Nystagmen auf.

Aufbau der Tabellen

In der linken oberen Ecke ist kurz aufgeführt, was die Gruppe bezeichnet, die einem Vergleich unterzogen wird. Die oberste Zeile zeigt die Altersgruppen, darunter ist die Aufgliederung nach Geschlecht. Am linken Rand ist die Nystagmusrichtung und die Drehung angegeben. Als Ergebnis ist immer die Gruppe bezeichnet die, die signifikant höheren Werte aufweist. In den Tabellen 5a - e sind am linken Rand noch die Winkelbereiche ohne Gradangabe angegeben.

Zeichenerklärung

al = alle Probanden (keine Geschlechtsunterteilung)
x = Frauen
y = Männer
a = Spontannystagmus mit offenen Augen
b = " " geschlossenen Augen
c = Perrotatorius der Rechtsdrehung
d = Postrotatorius " "
e = Perrotatorius " Linksdrehung
f = Postrotatorius " "
b. = beide
re. = rechtes oder rechts
li. = linkes " links
ob. = Vertikalableitung, Augenbewegung nach oben
un. = " " " unten
1 = an erster Stelle genannte = jüngere Altersgruppe
2 = " zweiter" " = ältere "

tab. 1a

amplituden		alle prob.	10-19j	20-29j	30-39j	40-49j	50-59j	60-69j	70-79j
a	re. auge re.	y							
	re. auge li.	y							
	li. auge re.	y	y						
	li. auge li.							x	
b	re. auge li.								x
	li. auge re.					y			x
	re. auge ob.							x	
c	b. augen re.	x			x				
	re. auge re.	x			x				
	li. auge li.				x				
	re. auge un.			x					
d	b. augen li.	x			x				
	re. auge li.	x			x				
	li. auge li.	x			x				
	li. auge ob.								x
e	b. augen li.				x				
	li. auge un.			y		x			
f	b. augen re.				x				
	b. augen li.	x							
	re. auge re.				x				
	li. auge re.				x				
	re. auge un.	x	x						

tab. 1b

frequenzen		alle prob.	10-19j	20-29j	30-39j	40-49j	50-59j	60-69j	70-79j
a	b. augen re.				x				
	re. auge re.			y					
	re. auge ob.								x
	li. auge ob.								x
b	b. augen re.					x			
	re. auge re.					x			
	li. auge re.					x			
	re. auge ob.					x		y	
	li. auge li.		x						
	re. auge un.	x		x					
	li. auge ob.	x				x			
	li. auge un.	x		x					
c	b. augen re.					x			
	re. auge re.					x	x	y	y
	li. auge re.					x			y
	re. auge ob.					x			
	re. auge un.	x	x			x	x		
	li. auge ob.				x				
	li. auge un.	x	x			x	x		
d	b. augen li.		y						
	re. auge li.		y		x				
	li. auge li.		y					y	
	re. auge ob.	x			x				
	li. auge ob.				x	x		y	
	li. auge un.	x				x	x		
e	b. augen li.				x				y
	re. auge li.				x				y
	li. auge li.				x				
	re. auge ob.				x				
	re. auge un.	x	x				x		
	li. auge ob.		y		x				
	li. auge un.	x				x			
f	b. augen re.			x					
	li. auge li.	x							
	re. auge ob.	x				x			
	re. auge un.	x					x		
	li. auge un.				x				

tab. 2a

amplituden		10-19/20-29j			10-19/30-39j			10-19/40-49j			10-19/50-59j			10-19/60-69j			10-19/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	l	x	y	al	x	y	al	x	y
a	b. augen li.		1															1	
	re. auge re.								?						1				
	re. auge li.								?										
	li. auge li.														1				
b	b. augen re.																1		1
	re. auge re.																1		
	li. auge re.	1												1		1			1
	re. auge ob.			1															
	li. auge ob.	1		1															
c	b. augen re.				1		1				1			1	1	1	1	1	
	re. auge re.				1		1		1		1	1		1	1		1	1	
	li. auge re.						1							1	1	1	1		1
	re. auge ob.	1		1	1	1	1				1	1		1					
	li. auge ob.	1	1		1							1		1	1				
d	b. augen li.						1				1	1		1	1		1	1	
	re. auge li.						1				1								
	li. auge li.		1		1		1		1		1	1		1	1		1	1	
	re. auge un.		1		1		1	1					1	1		1			
	li. auge un.	1	1												1		1		
e	b. augen li.				1		1	1			1		1	1			1		
	re. auge li.							1									1		
	li. auge li.				1			1		1				1	1	1			
	re. auge un.				1														
	li. auge ob.	1	1	1	1							1		1	1				
f	re. auge re.				1		1												
	re. auge ob.	1		1	1	1	1												
	re. auge un.				1		1		1			1		1	1			1	
	li. auge un.							1						1	1				

tab. 2b

amplituden		20-29/30-39j			20-29/40-49j			20-29/50-59j			20-29/60-69j			20-29/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	re. auge li.														1	
	re. auge un.			1	1		1				1					
	li. auge un.						1			1			1			
b	re. auge re.													1		1
	li. auge re.	2			2		2									
	re. auge ob.									2						2
	li. auge ob.				2		2	2		2				2		2
c	re. auge re.	1		1			1				1			1	1	
	li. auge re.										1		1			
	li. auge ob.					2								2	1	
d	b. augen li.			1												
	re. auge li.			1				1						1	1	
	li. auge li.			1												
	re. auge ob.							2								
	re. auge un.									1						
e	li. auge li.										1					
	re. auge ob.															2
	li. auge ob.				2	2										
	li. auge un.					2	1									
f	b. augen li.			1												
	re. auge un.						2							2	2	
	li. auge ob.													2		
	li. auge un.				2		2									

tab. 7c

amplituden	30-39/40-49j			30-39/50-59j			30-39/60-69j			30-39/70-79j			40-49/50-59j		
	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
b li. auge re.			?				1		1						
re. auge un.			?	?		?	?		?	?					
c re. auge re.			?								1				
li. auge re.			?				1	1							
re. auge ob.	2	?								?					
li. auge ob.										?	1			1	
d b. augen li.			?		1							?	1		
re. auge li.			?								1				
li. auge li.			?					1	2			?	1		1
re. auge ob.				?											
e li. auge li.														1	
li. auge un.	2	?		?											
f b. augen re.								1			1				
re. auge re.												?			
li. auge re.		1						1			1				
re. auge ob.	2		?	2		?				2		?			
re. auge un.	?		?	?		?				2	1	?			
li. auge ob.			?							?	2				
li. auge un.															

tab. 2d

amplituden		40-49/60-69j			40-49/70-79j			50-59/60-69j			50-59/70-79j			60-69/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	re. auge re.															
	re. auge li.					1										
	re. auge ob.			1	1											
b	b. augen re.				1											
	re. auge re.			1	1		1	2		1	?		1			1
	li. auge re.	1		1			1	?						?		
	li. auge li.	1		1												
c	b. augen re.	1	1													
	re. auge re.	1			1											
	li. auge re.	1	1	1				2		1						
	li. auge ob.		1									1		?	?	
d	b. augen li.															
	re. auge li.					1										
	li. auge li.	1		1	1	1		1								
	re. auge un.									1						
	li. auge ob.											2			?	
	li. auge un.	1														
e	li. auge li.		1													
f	re. auge un.	1												?		
	li. auge ob.				?	?									?	
	li. auge un.	1		1				1	1							

tab. 3a

	frequenzen	10-19/20-29j			10-19/30-39j			10-19/40-49j			10-19/50-59j			10-19/60-69j			10-19/70-79		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	re. auge re.		1																
	li. auge li.															1			
	li. auge ob.						1												1
	li. auge un.			?															
b	b. augen re.			1															
	b. augen li.	1		1	1		1												
	re. auge li.	1			1														
	li. auge re.	1	1	1						1							1	1	1
	li. auge li.				1		1										?		
	re. auge ob.	1		1	1		1			1	1			1		1			1
	li. auge ob.	1		1	1		1			1	1		1	1		1			1
	li. auge un.					1											?		?
c	b. augen re.	1		1				1		1									
	re. auge re.	1		1						1									
	li. auge re.	1		1				1		1			1				1		
	re. auge ob.			1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1
	li. auge ob.				1		1	1		1	1		1	1	1	1	1		1
	li. auge un.															?			
d	b. augen li.		?			?											?		?
	re. auge li.		?			?						?			?		?		
	li. auge li.					?													
	re. auge ob.			1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	re. auge un.		1									1							
	li. auge ob.				1		1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1
	li. auge un.		1								1				1			1	
e	b. augen li.	1		1			1	1		1									
	re. auge li.									1									
	li. auge li.	1		1			1	1		1									
	re. auge ob.	1		1	1		?	1		1	1		1	1	1	1	1		1
	li. auge ob.	1		1	1		1	1		1	1		1	1	1	1	1		1
f	b. augen re.			1		?						?							
	re. auge re.			1															
	li. auge re.					?													
	re. auge ob.			1		?	1	1		1	1		1	1		1	1	1	1
	re. auge un.															2		1	
	li. auge ob.		1	1	1	?	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1
	li. auge un.		1																

tab. 3b

frequenzen		20-29/30-39j			20-29/40-49j			20-29/50-59j			20-29/60-69j			20-29/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	b. augen re.								2							
	b. augen li.								2							
	re. auge re.						1		2						2	
	li. auge re.			1												
	re. auge ob.			1											2	1
	re. auge un.				2	1										
	li. auge ob.			1												1
	li. auge un.				2		1									
b	b. augen re.							2		2						
	b. augen li.				2	2		2			2			2		
	li. auge re.	2				2		2								
	re. auge un.												2			2
	li. auge un.		2													2
c	b. augen re.												2			2
	re. auge re.												2			2
	re. auge ob.	1										1				
	li. auge ob.						2					1				
d	b. augen li.		2					2								2
	re. auge re.		2								2			2	2	2
	li. auge re.		2					2						2	2	
	re. auge ob.										1	1		1	1	
	re. auge un.				2			2	2		2	2		2	2	
	li. auge ob.						1				1	1				
	li. auge un.				2	2										
e	b. augen li.		2												2	
	re. auge li.															1
	li. auge li.		2												2	
f	b. augen re.							2		2		1	2	2		2
	re. auge re.												2			2
	li. auge re.	2	2								2		2	2		
	re. auge ob.				1			1	1		1	1		2	1	2
	li. auge un.							2		2			2	2		2

tab. 3d

frequenzen		40-49/50-59j			40-49/60-69j			40-49/70-79j			50-59/60-69j			50-59/70-79j			60-69/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	b. augen li.											1		1	1				
	re. auge re.	?	2																
	re. auge li.							1		1				1			1		1
	li. auge li.														1				?
	re. auge ob.									1							1		
	re. auge un.	?	?		?		1								1				
	li. auge ob.									1						1			
	li. auge un.	?			?														
b	b. augen re.			?															
	re. auge li.			?															
	li. auge re.			?				1						1		1			
	re. auge ob.		1			1													
	li. auge ob.		1			1													
	li. auge un.							?									?		
c	b. augen re.			?		?	?		?										
	re. auge re.					?			?		1	?		1					
	li. auge re.								?					1					
	re. auge ob.				1									1			?		
	re. auge un.			?		?					1	?					1		1
	li. auge ob.				1													?	
	li. auge un.					?					1	?							
d	b. augen li.	?		?	?		?	?	?	?									
	re. auge li.		?		?		?	?	?	?		?	?		?				
	li. auge li.		?				?				1				?				
	re. auge ob.				1	1		1											
	li. auge ob.			?		1					1								
	li. auge un.	1		1							1			1					
e	b. augen li.	?						?		?						?	?		?
	re. auge li.									?				1					
	li. auge li.	?		?			?	?		?									
	li. auge ob.										1								
f	b. augen re.	?		?			?	?			1								
	re. auge re.	?								?	1			1					
	li. auge re.				?		?			?									
	re. auge ob.		1							?									
	re. auge un.						?						?						
	li. auge un.	?					?	2		?									

tab. 3c

	frequenzen	30-39/40-49j			30-39/50-59j			30-39/60-69j			30-39/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
a	b. augen li.	?		?	?	?	?			?			
	re. auge li.												
	re. auge un.	1	1										
b	b. augen li.							?			?		
	re. auge li.	?			?		?						
	re. auge un.							?			?	?	
	li. auge un.										?	?	
c	re. auge re.									?			
	li. auge re.											1	
	re. auge un.									?			
	li. auge un.									?			
d	b. augen li.	1	1						1				
	re. auge li.		1							?	?		?
	li. auge li.		1						1	?			
	re. auge ob.					1			1		1	1	
	li. auge ob.					1			1			1	
e	b. augen li.		1						1				?
	re. auge li.											1	?
	li. auge li.		1						1			1	?
f	b. augen re.								1	?			
	li. auge re.								1	?			?
	re. auge ob.					1			1				
	re. auge un.			?				?		?			?
	li. auge ob.		1		1	1			1				
	li. auge un.								1		?		?

tab. 4a

y = ax + b	alle	10-19j	20-29j	30-39j	40-49j	50-59j	60-69j	70-79j
d b. augen li.								
re. auge li.								
li. auge li.								
re. auge ob.			x					
re. auge un.					x			
li. auge ob.		y						
li. auge un.								
f b. augen re.								
re. auge re.								
li. auge re.								
re. auge ob.								
re. auge un.	x					x		
li. auge ob.					x			x
li. auge un.	x			x				
d b. augen li.								
re. auge li.		y						
li. auge li.		y					y	
re. auge ob.				x				
re. auge un.								
li. auge ob.		x			x		y	
li. auge un.								
f b. augen re.								
re. auge re.								
li. auge re.								
re. auge ob.								
re. auge un.								
li. auge ob.				x				
li. auge un.								

tab. 4b

y = ax + b			10-19/20-29j			10-19/30-39j			10-19/40-49j			10-19/50-59j			10-19/60-69j			10-19/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
d	b. augen li.																	1		
	re. auge li.													1			1	1		
	li. auge li.																1			
	re. auge ob.			1										1		1				
	re. auge un.									1										
	li. auge ob.															1				
	li. auge un.																			
f	b. augen re.													1						
	re. auge re.													1						
	li. auge re.							1		1				1		1	1			
	re. auge ob.	1	1	1	1			1		1	1			1		1				
	re. auge un.																			
	li. auge ob.	1			1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1			1
	li. auge un.				2						2	2								
d	b. augen li.		2			2												1		
	re. auge li.					2								2	2		2	1		
	li. auge li.					2											2	1		
	re. auge ob.						1	1			1						1	1		
	re. auge un.						2			2										
	li. auge ob.				1			1		1		1			1		1	1		
	li. auge un.																			
f	b. augen re.					2														
	re. auge re.			1																
	li. auge re.													2	2	2				
	re. auge ob.		2			2														
	re. auge un.																			
	li. auge ob.					2														
	li. auge un.	1																		

tab. 4c

y = ax + b

		20-29/30-39j			20-29/40-49j			20-29/50-59j			20-29/60-69j			20-29/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
d	b. augen li.							?		?						
	re. auge li.										1	1		1	1	
	li. auge li.															
	re. auge ob.			?	?		?									
	re. auge un.			1			1		?	1						
	li. auge ob.															
	li. auge un.															
f	b. augen re.										1	1				
	re. auge re.				1						1	1				
	li. auge re.										1	1				
	re. auge ob.															
	re. auge un.															
	li. auge ob.										1					
	li. auge un.															
d	b. augen li.		?													
	re. auge li.		?								?	?	?	?	?	?
	li. auge li.													?		
	re. auge ob.				1									1		
	re. auge un.				?		?				?					
	li. auge ob.						1					?				
	li. auge un.															
f	b. augen re.		?								?		?			
	re. auge re.										?		?			
	li. auge re.				?						?	?	?			
	re. auge ob.							1				?			1	
	re. auge un.														1	
	li. auge ob.															
	li. auge un.												?			

tab. 4d

y = ax + b		30-39/40-49j			30-39/50-59j			30-39/60-69j			30-39/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
d	b. augen li.				2	2							
	re. auge li.												
	li. auge li.				2								
	re. auge on.							1		1			
	re. auge un.												
	li. auge ob.												
	li. auge un.												
f	b. augen re.												
	re. auge re.				1			1					
	li. auge re.			1				1		1			
	re. auge ob.							1		1			
	re. auge un.												
	li. auge ob.							1					
	li. auge un.		1										
d	b. augen li.		1			1			1				
	re. auge li.		1					2		?	?		?
	li. auge re.		1			1							
	re. auge ob.		1			1			1	?		1	
	re. auge un.												
	li. auge ob.								1	2			
	li. auge un.												
f	b. augen re.									?			
	re. auge re.									?			
	li. auge re.							2		?			
	re. auge ob.								1	?			
	re. auge un.							1					
	li. auge ob.		1			1			1			?	
	li. auge un.											?	

tab. 4e

y = ax + b			40-49/50-59j			40-49/60-69j			40-49/70-79j			50-59/60-69j			50-59/70-79j			60-69/70-79j		
			al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
d	b. augen	li.								1		1			1	1				
	re. auge	li.				1	1		1	1		1	1		1	1	1			
	li. auge	li.							1	1					1	1	1	1		
	re. auge	ob.				1	1	1				1								?
	re. auge	un.						?												
	li. auge	ob.						1												
	li. auge	un.																		
f	b. augen	re.	?	?								1	1							
	re. auge	re.	?	?								1	1	1		1				
	li. auge	re.										1	1	1						
	re. auge	ob.												1				2		
	re. auge	un.											1					2		
	li. auge	ob.				1	1												?	
	li. auge	un.		1												1				
d	b. augen	li.							?	?					2					
	re. auge	li.				?	?	?	?	?	?	?		?	?	?	?			
	li. auge	li.							?	?					?	?	?			
	re. auge	ob.						?												
	re. auge	un.																		
	li. auge	ob.					1	?												
	li. auge	un.	1																	
f	b. augen	re.										2								
	re. auge	re.						?				?		?						
	li. auge	re.				?		?				?		?						
	re. auge	ob.																		
	re. auge	un.				?						?				?			1	
	li. auge	ob.														?				
	li. auge	un.																		

tab. 5a

winkel		alle	10-19j	20-29j	30-39j	40-49j	50-59j	60-69j	70-79j
c	re. auge 90-180		x						
	re. auge 180-270	x	x						
	li. auge 90-180	x	x						
	li. auge 180-270								
d	re. auge 0- 90								
	re. auge 270-360								
	li. auge 0- 90	x			x				
	li. auge 270-360								
e	re. auge 0- 90	x	x						
	re. auge 270-360								
	li. auge 0- 90	x	x						
	li. auge 270-360								
f	re. auge 90-180								
	re. auge 180-270								
	li. auge 90-180				x				
	li. auge 180-270					x			
freq. horiz.:vert.									
c	re. auge								x
	li. auge				x				
d	re. auge								
	li. auge								
e	re. auge								x
	li. auge								x
f	re. auge	x				x			
	li. auge								

tab. 5b

winkel		10-19/20-29j			10-19/30-39j			10-19/40-49j			10-19/50-59j			10-19/60-69j			10-19/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
c	re. auge 90-180														1	1			1
	re. auge 180-270				2	2					2	2					2		
	li. auge 90-180												2	2	2	2	2		2
	li. auge 180-270																		
d	re. auge 0- 90																		
	re. auge 270-360		2																
	li. auge 0- 90		2														2	2	
	li. auge 270-360																		
e	re. auge 0- 90	1		1										1		1			
	re. auge 270-360									2									
	li. auge 0- 90													1		1			
	li. auge 270-360							2	2										
f	re. auge 90-180					1										1			
	re. auge 180-270				1			1											
	li. auge 90-180	1	1			1													2
	li. auge 180-270					1			1										

freq. horiz.:vert.

c	re. auge						1						1						1
	li. auge						1												
d	re. auge				1						1	1		1	1	1	1		
	li. auge				1		1				1	1	1	1	1	1			1
e	re. auge				1		1												1
	li. auge																		1
f	re. auge				1		1				1	1							1
	li. auge				1		1					1							

tab. 5c

winkel		20-29/30-39j			20-29/40-49j			20-29/50-59j			20-29/60-69j			20-29/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
c	re. auge 90-180							?		?	?		?	?	?	?
	re. auge 180-270															
	li. auge 90-180												2			
	li. auge 180-270										1		1	?		
d	re. auge 0- 90															
	re. auge 270-360	?			?	?						?				
	li. auge 0- 90		1									1				
	li. auge 270-360															
e	re. auge 0- 90							?								
	re. auge 270-360															
	li. auge 0- 90		?													
	li. auge 270-360				?	?										
f	re. auge 90-180	?	?													
	re. auge 180-270															
	li. auge 90-180				?			?	?	?	?	?	?	?	?	?
	li. auge 180-270									1			1			
freq. horiz.:vert.																
c	re. auge			1				1			1					1
	li. auge	1		1												
d	re. auge															
	li. auge			1				1		1	1		1			
e	re. auge				?										?	
	li. auge												1			1
f	re. auge	1		1				1	1		1	1				1
	li. auge	1		1												

tab. 5d

winkel		30-39/40-49j			30-39/50-59j			30-39/60-69j			30-39/70-79j			40-49/50-59j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
c	re. auge 90-180										2			2		
	re. auge 180-270													2		
	li. auge 90-180				2			2		2	2			2		2
	li. auge 180-270							2		2	2					
d	re. auge 0- 90							1	1							
	re. auge 270-360															
	li. auge 0- 90											2				
	li. auge 270-360															
e	re. auge 0- 90							1								
	re. auge 270-360															
	li. auge 0- 90							1	1							
	li. auge 270-360															
f	re. auge 90-180	2	2		2	2		2	2	2	2	2				
	re. auge 180-270															
	li. auge 90-180	2	2		2	2		2	2		2	2	2	2		
	li. auge 180-270					2			2			2			2	
freq. horiz.:vert.																
c	re. auge												1			
	li. auge	2		2			2			2						
d	re. auge													1	1	
	li. auge	2	2											1	1	
e	re. auge	2		2								2				
	li. auge		2											1		
f	re. auge															
	li. auge						2				2		2			

tab. 5a

winkel		40-49/60-69j			40-49/70-79j			50-59/60-69j			50-59/70-79j			60-69/70-79j		
		al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y	al	x	y
c	re. auge 90-180	2		2	2	?	?									
	re. auge 180-270															
	li. auge 90-180	?		?	2		2									
	li. auge 180-270	2		2	2	2				2						
d	re. auge 0- 90	1	1	1												
	re. auge 270-360															
	li. auge 0- 90					2						2		2	2	
	li. auge 270-360															
e	re. auge 0- 90															
	re. auge 270-360															
	li. auge 0- 90							1								
	li. auge 270-360															
f	re. auge 90-180									2						
	re. auge 180-270															
	li. auge 90-180	2		2	2	2	2									
	li. auge 180-270		2			2										
freq. horiz.:vert.																
c	re. auge											?			2	
	li. auge															
d	re. auge	1	1													
	li. auge	1	1													
e	re. auge	1					1						1			
	li. auge	1					1									
f	re. auge															
	li. auge											2				

1.2. Winkelhistogramme über die bevorzugte Nystagmusrichtung

In den nachfolgenden Histogrammen ist die Häufigkeit der bevorzugten Nystagmusrichtung während eines Testes aufgezeichnet. Auf der x-Achse sind die Winkel in Grad aufgetragen, die y-Achse weist 2 Einteilungen auf: Die äußere zeigt die Anzahl der Probanden in %, die innere die absolute Anzahl.

Auffallend ist, daß keine rein horizontalen Nystagmen über eine Zeit von 30 Sekunden vorkommen. Die Winkel 180° (entsprechen einem nur nach rechts gerichteten Nystagmus) und 0° = 360° (entsprechen einem nur nach links gerichteten Nystagmus), kommen unter 188 Patienten nicht vor (Winkeleinteilung s. Abb. 3). Rein vertikale Nystagmen finden sich 1 mal. Vom rechten Auge eines 74 Jahre alten Mannes lassen sich keine horizontalen Nystagmen ableiten, sein linkes Auge hat in der Horizontalableitung nur halb so viele Nystagmen wie in der Vertikalableitung. Es handelt sich um aufwärtsschlägige Nystagmen deren Anzahl maximal 17 beträgt. Die übrigen in den Histogrammen ausgewiesenen Vertikalnystagmen liegen mit ihrer bevorzugten Nystagmusrichtung im 90° bzw. 270° Bereich. Ihre Amplitude weist in der Horizontalableitung im Vergleich zur Vertikalableitung nur eine sehr geringe Höhe auf. Im Durchschnitt liegt die Hauptnystagmusrichtung etwa auf der Diagonalen mit einer leichten Tendenz zum steileren Winkel, mit Ausnahme des Bereichs zwischen 270° und 360°. Hier sind die Winkel flacher. Ein signifikanter Unterschied zwischen nasal- und temporalwärts gerichteten Nystagmen läßt sich aus diesen Winkelhistogrammen nicht ablesen.

Allerdings ist bei der Amplitudenberechnung das Verhältnis Horizontalfrequenz zu Vertikalfrequenz nicht berücksichtigt worden. Einzige Bedingung für beide Ableitungen ist, daß die Frequenz einer Ableitung innerhalb von 30 Sekunden mindestens 8 Nystagmen betragen muß. Die Streubreite dieses Verhältnisses reicht von 1/10 bis zum 8 fachen.

Abb. 4 Rechtsdrehung, Perrotatorius / rechtes Auge

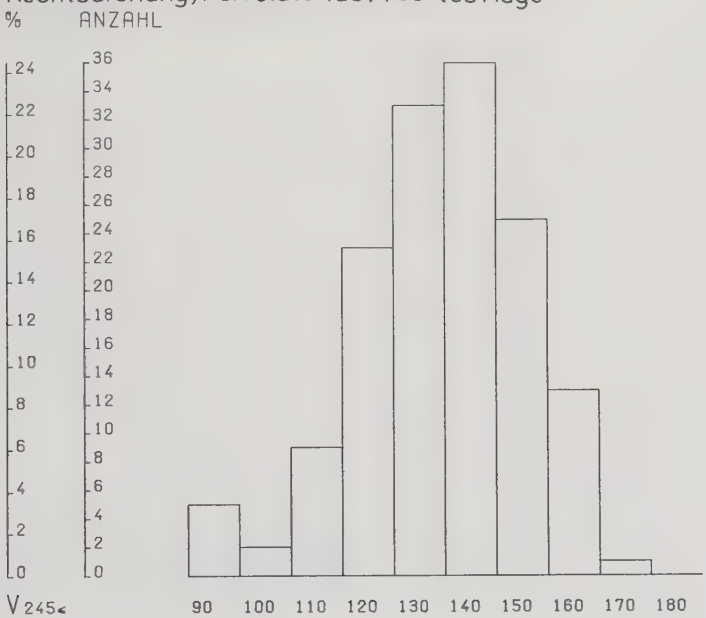


Abb. 5 Rechtsdrehung, Perrotatorius / linkes Auge

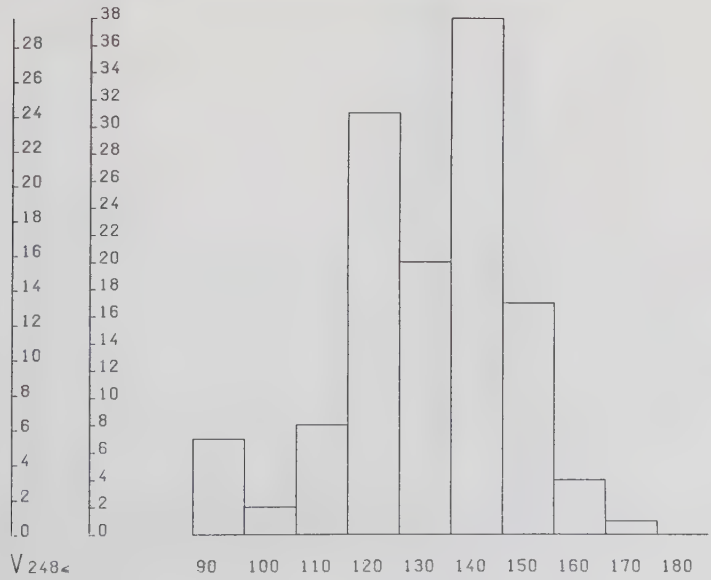


Abb.6 Rechtsdrehung, Perrotatorius / rechtes Auge

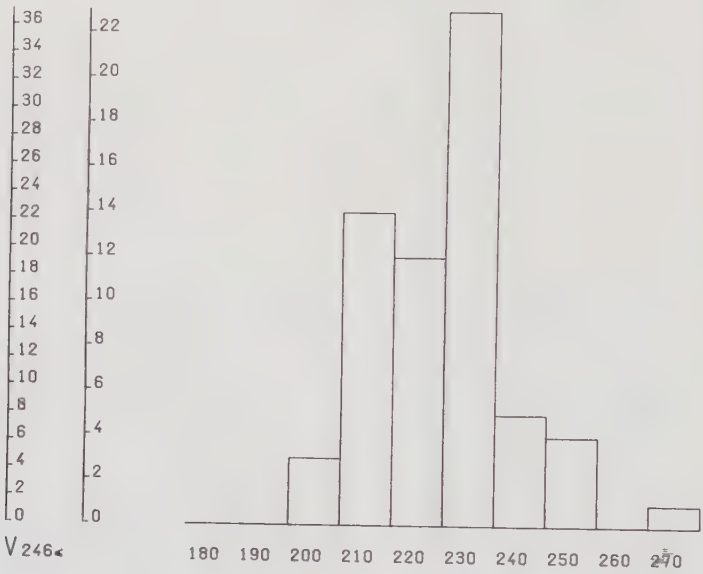


Abb. 7 Rechtsdrehung, Perrotatorius / linkes Auge

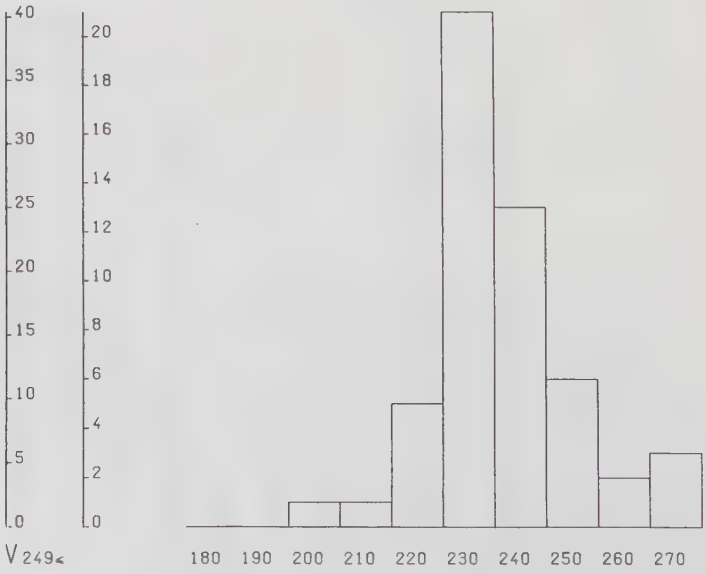


Abb. 8 Rechtsdrehung, Postrotatorius / rechtes Auge

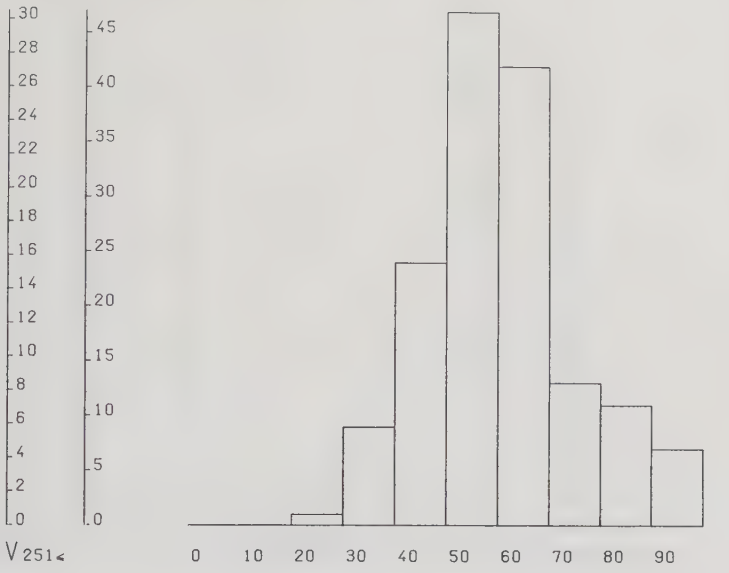


Abb. 9 Rechtsdrehung, Postrotatorius / linkes Auge

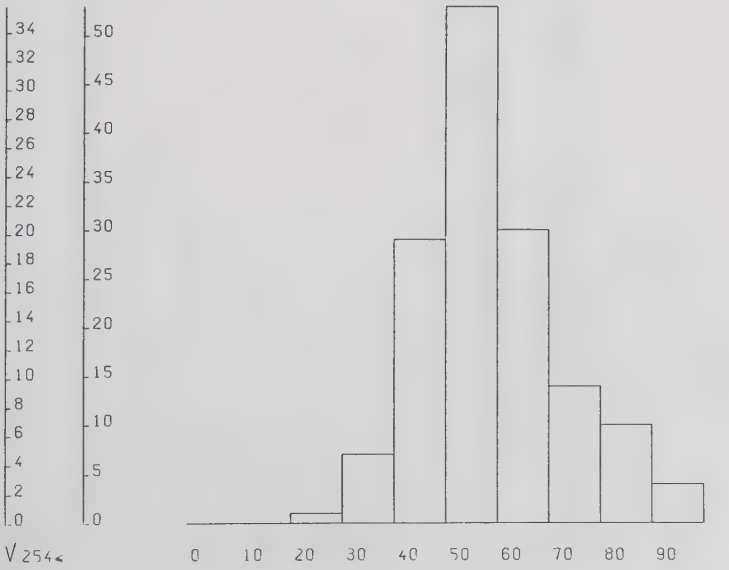


Abb.10 Rechtsdrehung, Postrotatorius / rechtes Auge

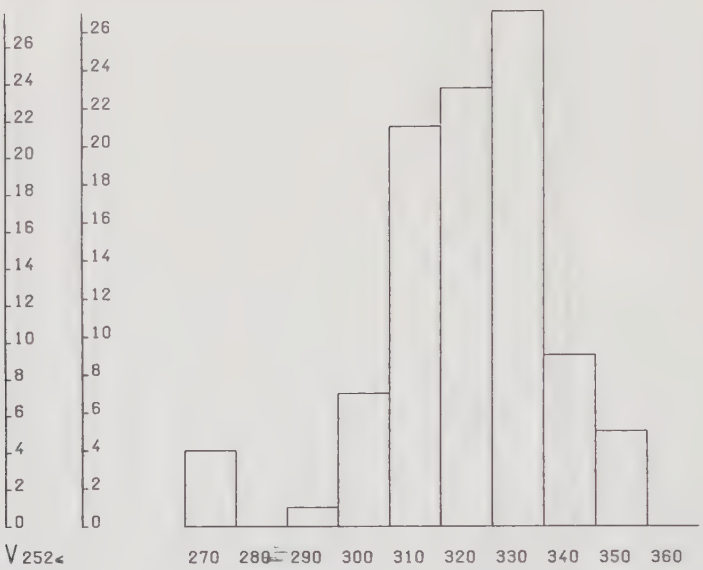


Abb.11 Rechtsdrehung, Postrotatorius / linkes Auge

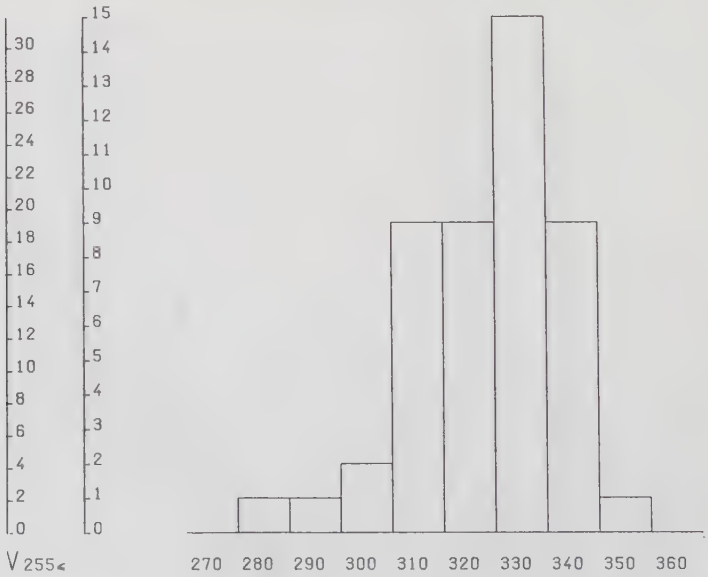


Abb.12 Linksdrehung, Perrotatorius / rechtes Auge

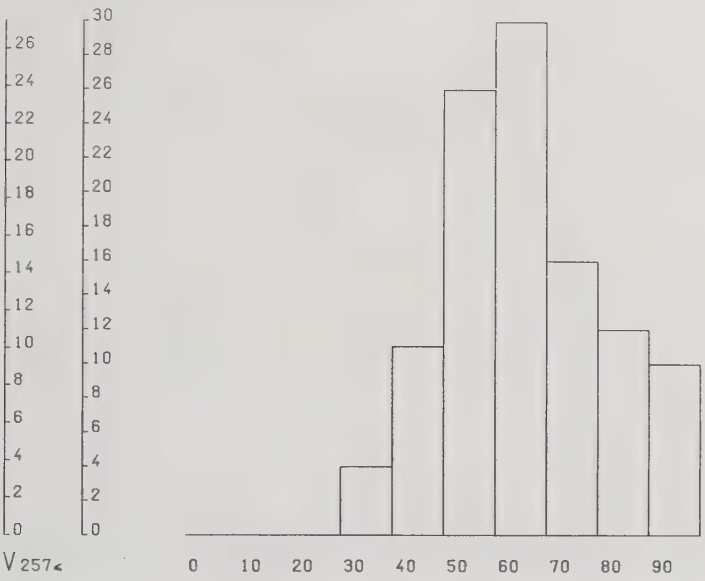


Abb.13 Linksdrehung, Perrotatorius / linkes Auge

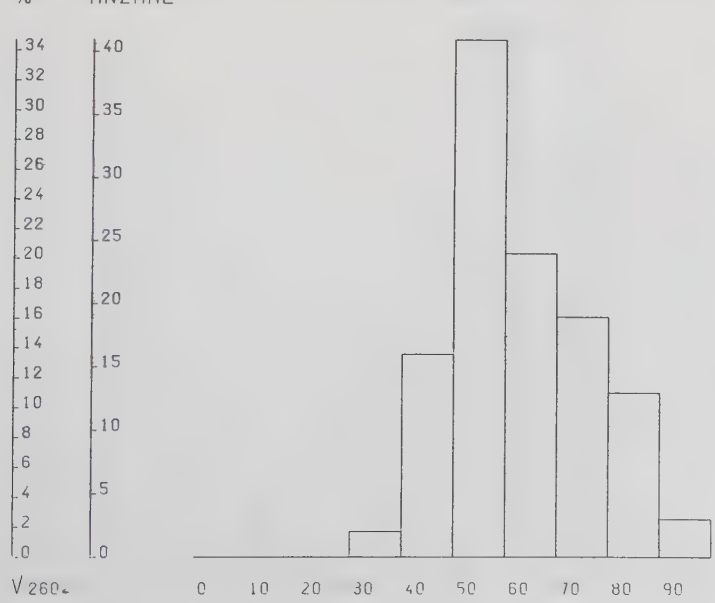


Abb.14 Linksdrehung, Perrotatorius / rechtes Auge

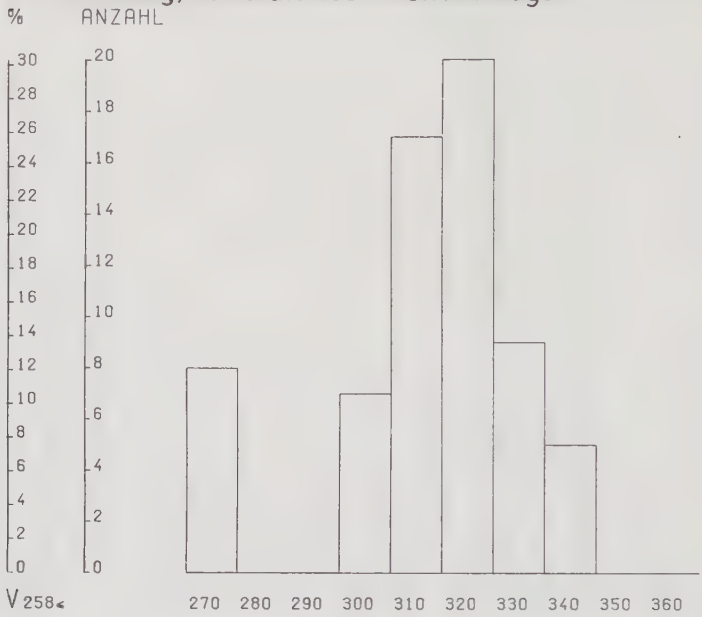


Abb.15 Linksdrehung, Perrotatorius / linkes Auge

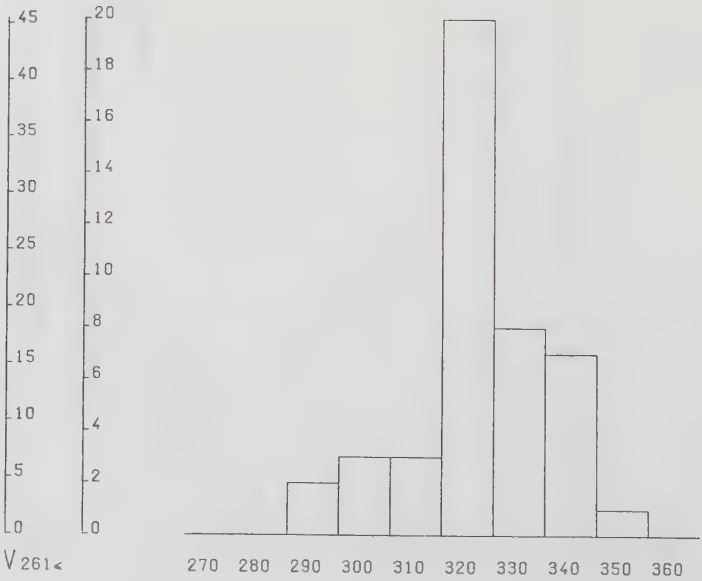


Abb.16 Linksdrehung, Postrotatorius / rechtes Auge

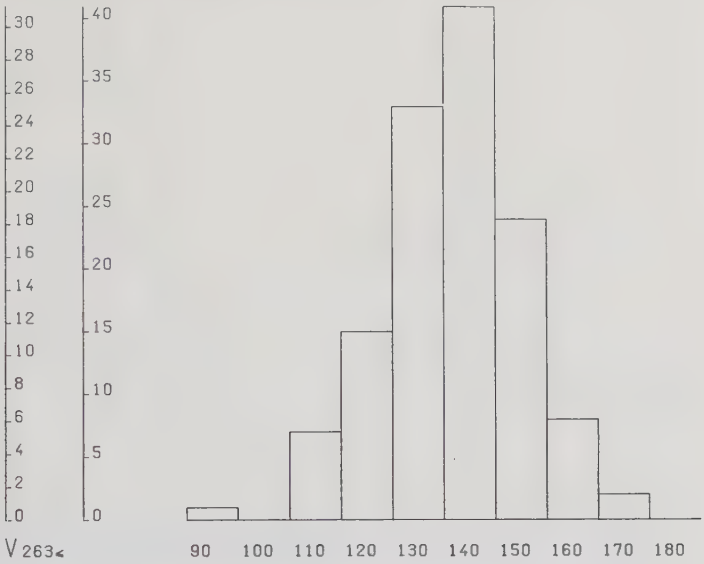


Abb.17 Linksdrehung, Postrotatorius / linkes Auge

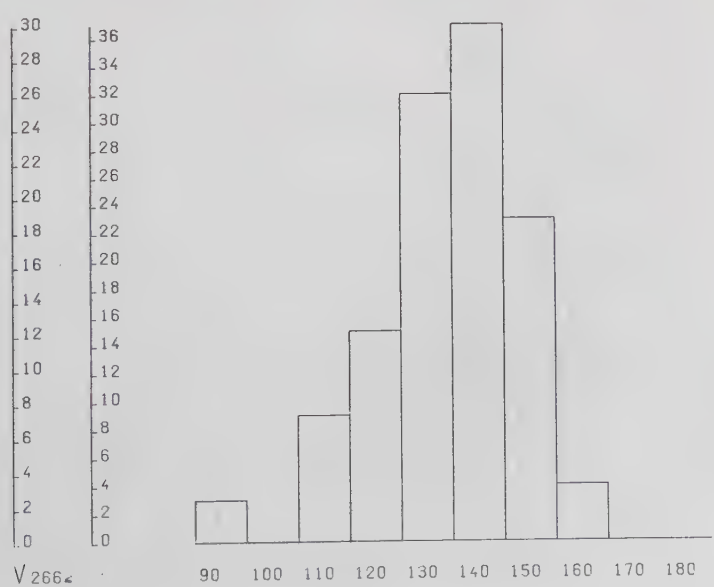


Abb.18 Linksdrehung, Postrotatorius /rechtes Auge

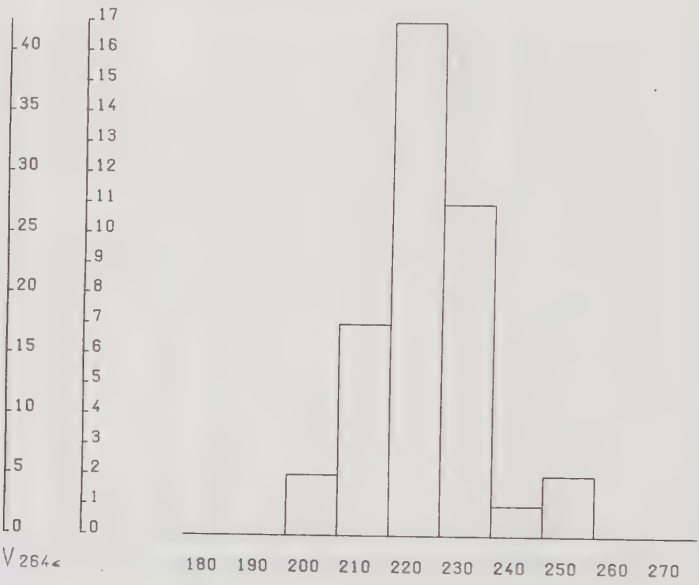
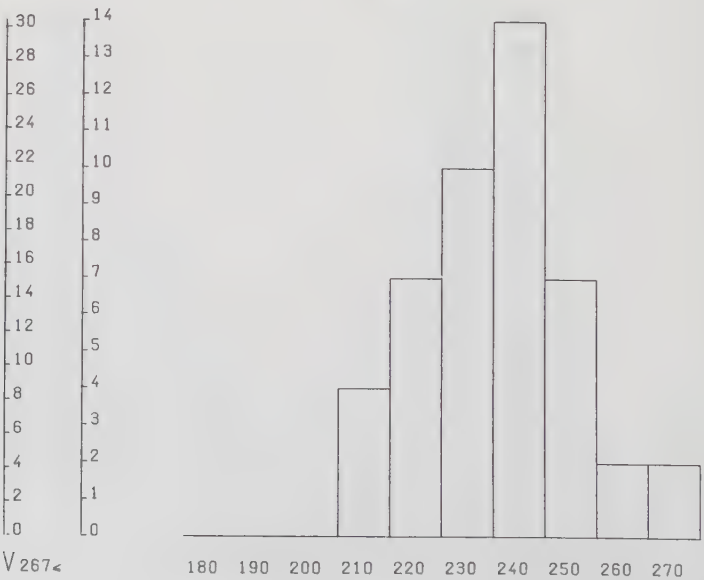


Abb.19 Linksdrehung, Postrotatorius / linkes Auge

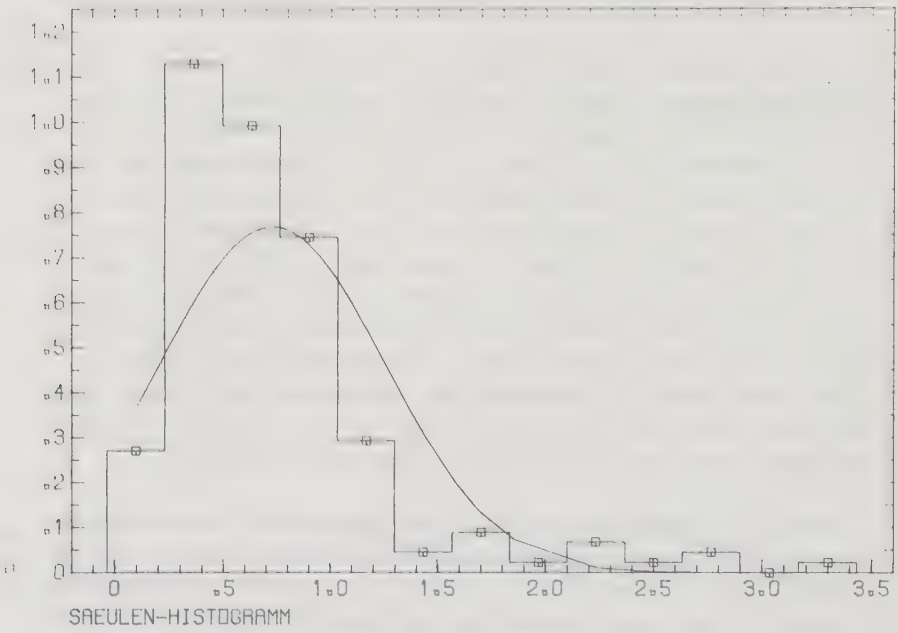


1.3. Schlagratenverhältnisse (horizontal : vertikal) im RIDT

Über die Frequenzverhältnisse sind Säulen-Histogramme mit Verteilungskurven und empirische Histogramme erstellt worden. Die Horizontalfrequenz ist gleich 1 gesetzt worden. Das Schlagratenverhältnis kann in den empirischen Histogrammen auf der Abszisse direkt abgelesen werden. Die Ordinate gibt die Besetzung wieder. In der Regel kommt ein bestimmtes Frequenzverhältnis nur einmal vor (= Besetzung 1 bzw. 1.0). Einige Male haben zwei oder mehr Probanden das gleiche Schlagratenverhältnis, dies ist dann aus der Besetzung ersichtlich. In den Säulen-Histogrammen sind in der Abszisse ebenso wie in den empirischen Histogrammen die Schlagratenverhältnisse angegeben. Aus der Ordinate läßt sich die Anzahl der Probanden ablesen, wenn man mit dem Faktor 100 multipliziert.

Diese Histogramme zeigen, daß eine erhebliche Streubreite besteht. Da eine Nystagmusfrequenz unter 8 innerhalb von 30 Sekunden nicht gewertet wird, handelt es sich bei den Ausreißern immer um sehr hohe Schlagraten, entweder in der Vertikal- oder in der Horizontalableitung. Beim Perrotatorius der Rechtsdrehung / Ableitung linkes Auge, beim Perrotatorius der Linksdrehung / Ableitung rechtes Auge und beim Postrotatorius der Linksdrehung / Ableitung linkes Auge liegt der Mittelwert bei 1. Das heißt, daß die Vertikalfrequenz im Durchschnitt der Horizontalfrequenz entspricht. In den übrigen Histogrammen liegen die Mittelwerte zwischen 0,75 und 1, die Vertikalfrequenz ist also im Mittel geringer als die Horizontalfrequenz. Die Linksdrehung weist im Durchschnitt einen höheren Anteil an Vertikalnystagmen auf als die Rechtsdrehung. Auffallend ist auch, daß die Augenauslenkungen nach innen, zur Nase zu, die höheren Mittelwerte aufweisen. Es kommen also mehr Vertikalnystagmen im Verhältnis zu den Horizontalnystagmen vor als bei den nach außen gerichteten Nystagmen. Das ist wohl die Folge der Überlagerung der beiden elektrischen Felder und der dadurch bedingten Ablenkung der Augenbewegungen in die vertikale Richtung (WODATSCHECK, TONDROW, CLAUSSEN).

Abb.20/21 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. =1)
Rechtsdrehung, Perrotatorius /rechtes Auge



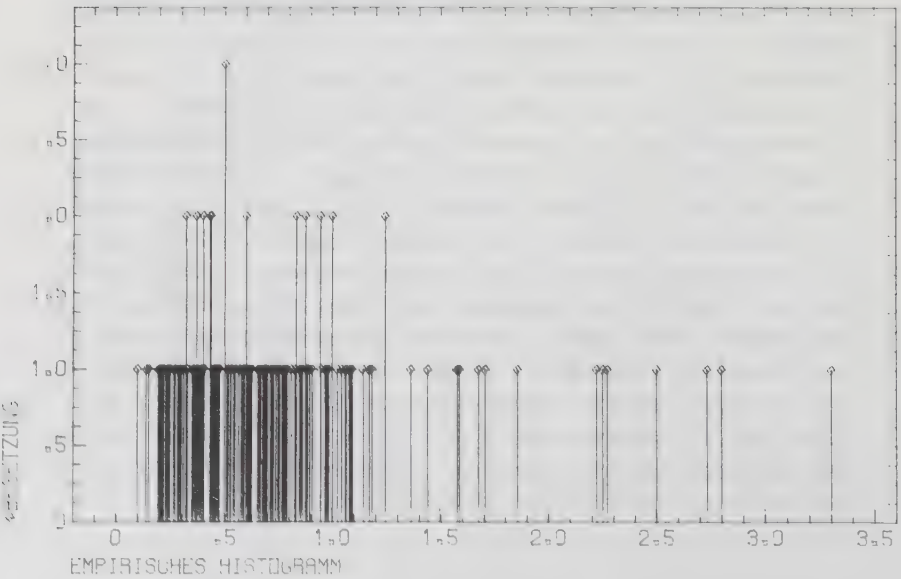


Abb. 22/23 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. = 1)
Rechtsdrehung, Perrotatorius / linkes Auge

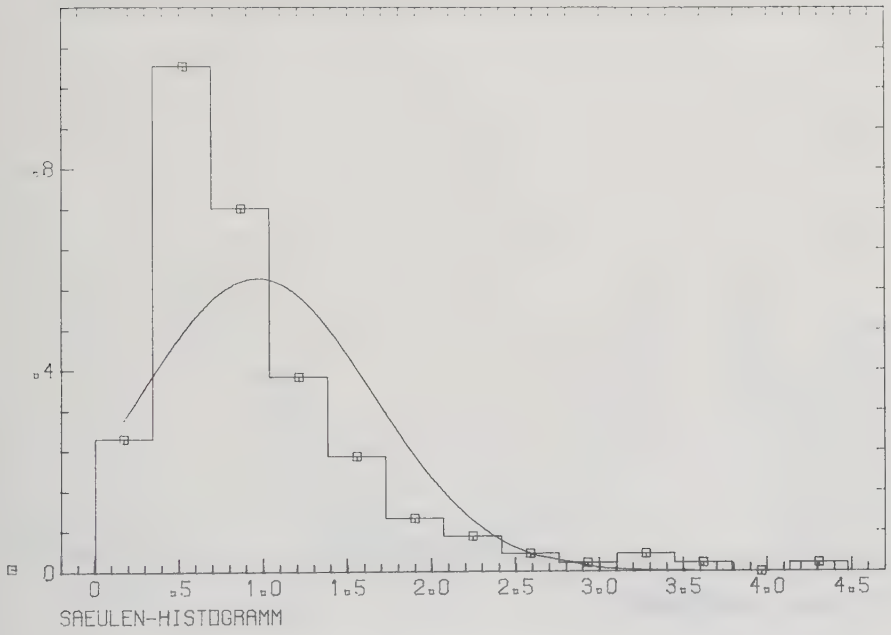
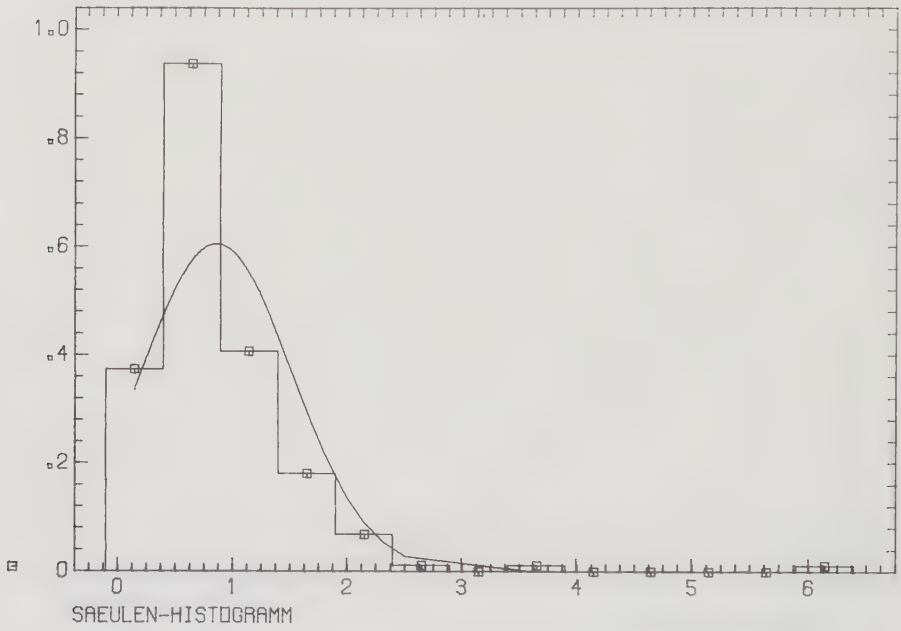


Abb. 24/25 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. =1)
Rechtsdrehung, Postrotatorius/rechtes Auge



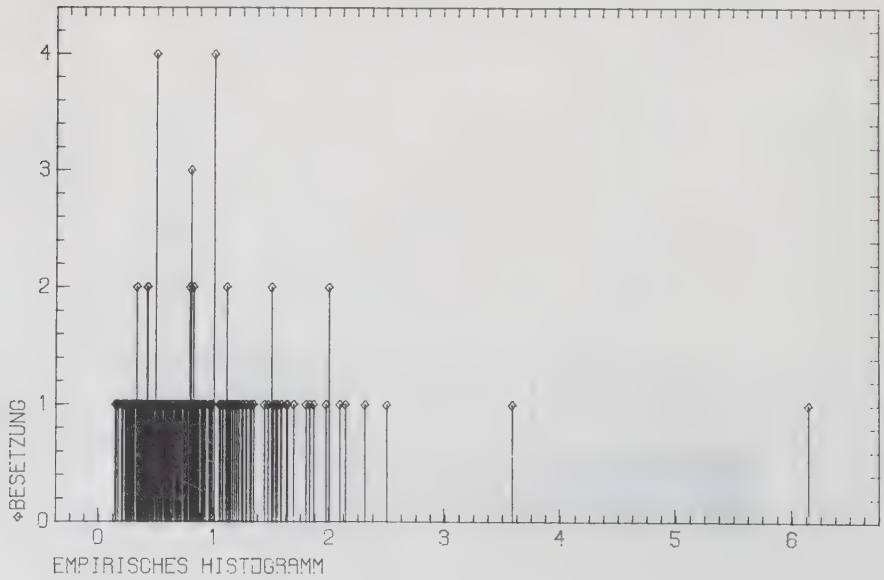
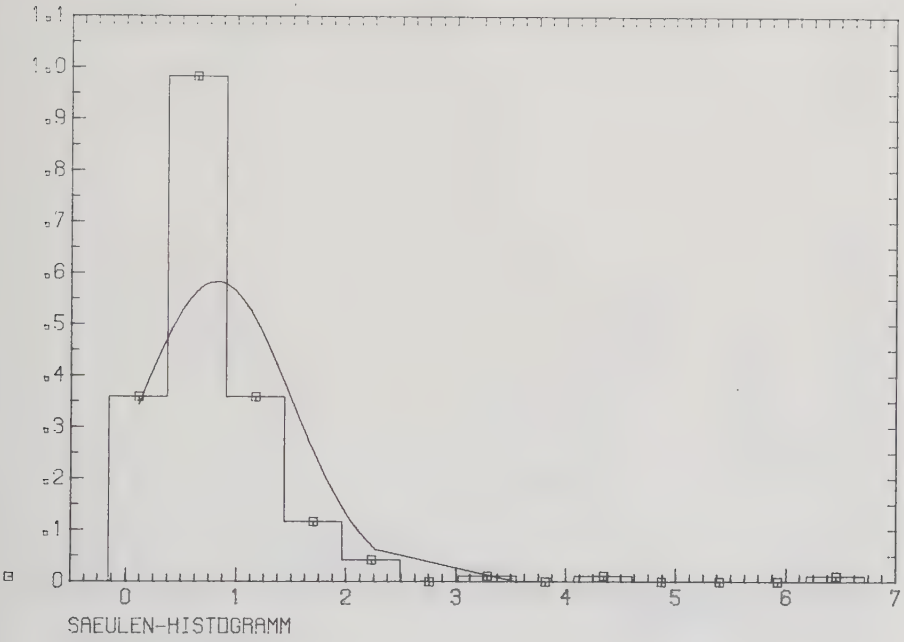


Abb. 26/27 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. = 1)
Rechtsdrehung, Postrotatorius / linkes Auge



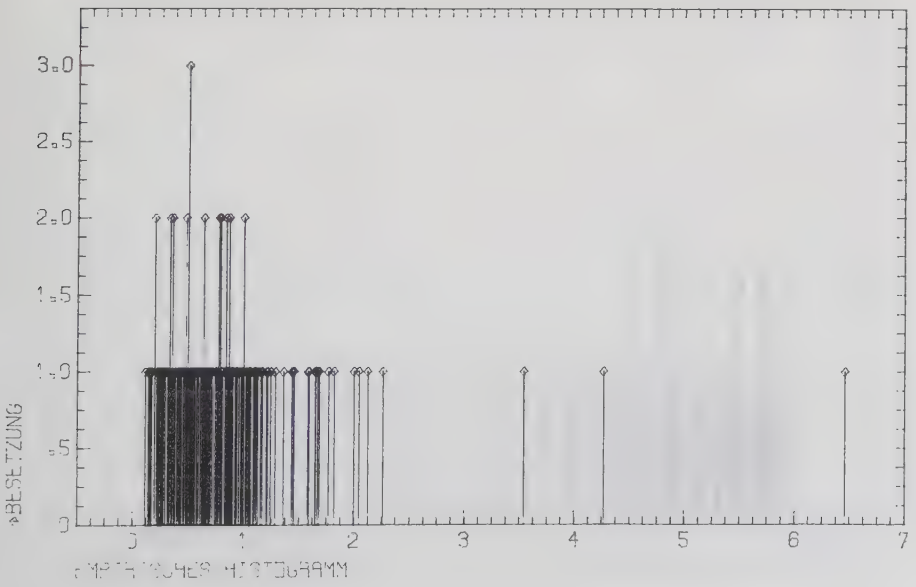
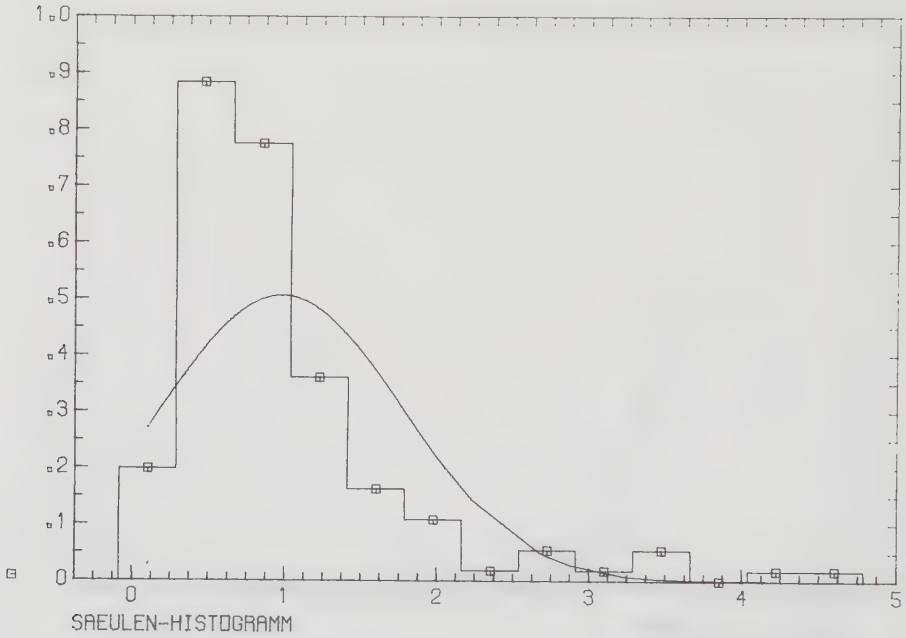


Abb. 28/29 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. = 1)
Linksdrehung, Perrotatorius / rechtes Auge



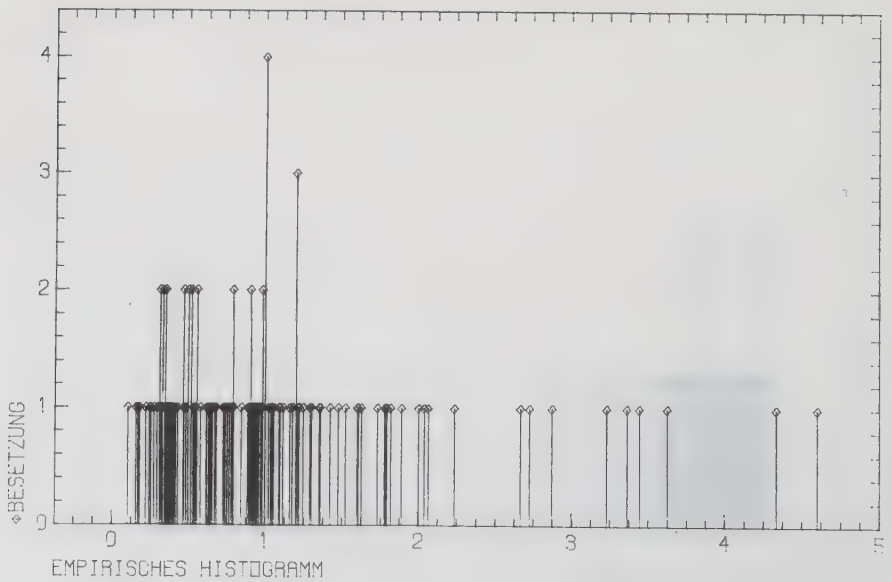
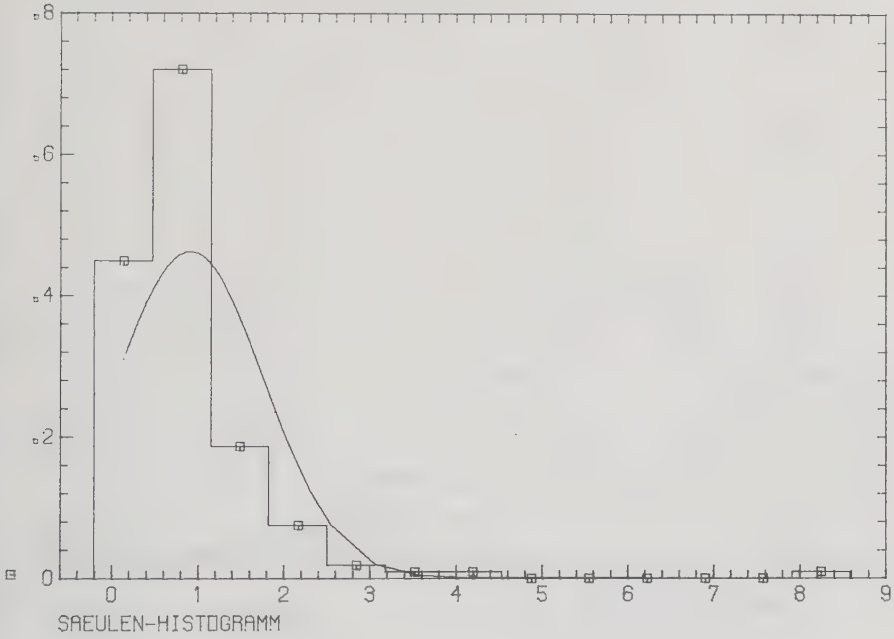


Abb.30/31 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. = 1)
Linksdrehung, Perrotatorius /linkes Auge



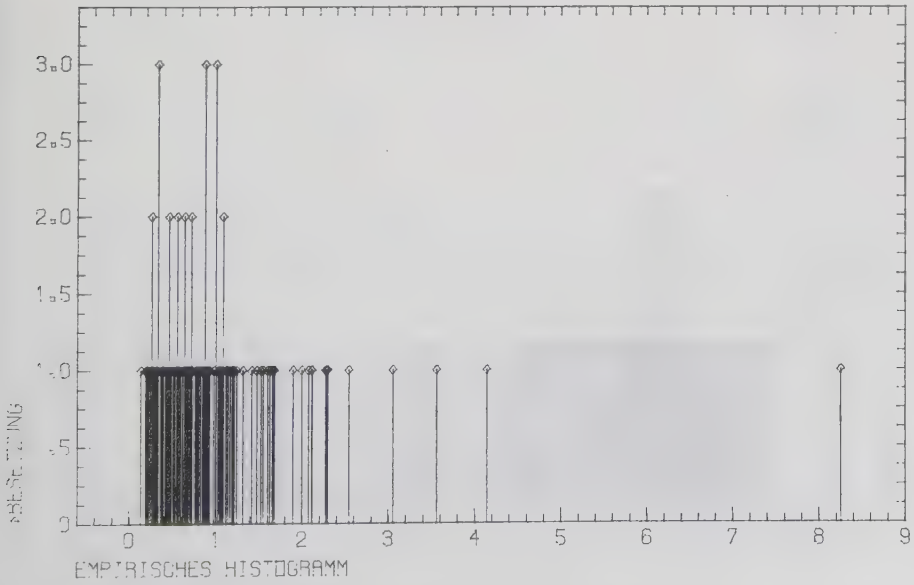
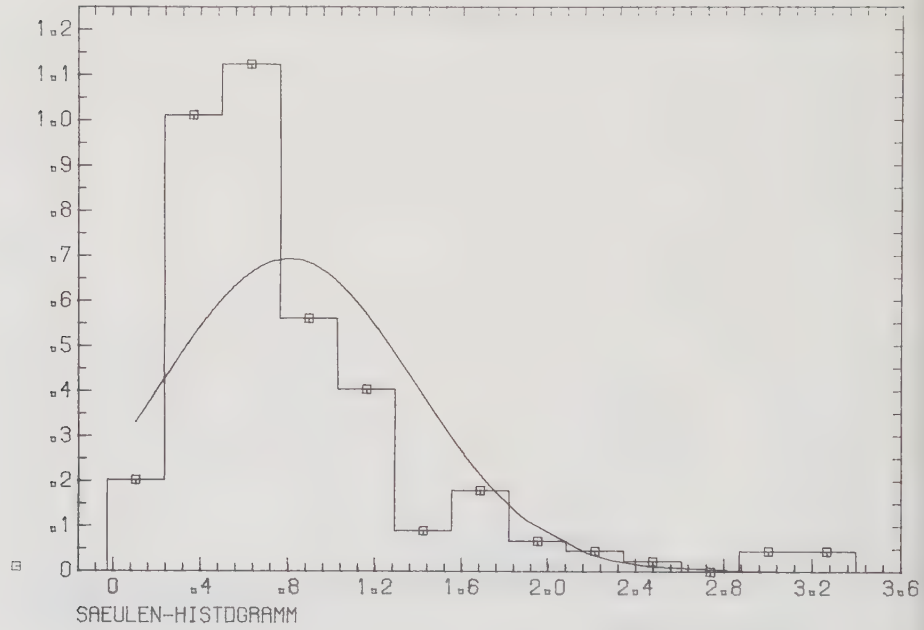


Abb. 32/33 Frequenzverhältnisse (Horiz. freq. = 1)
Linksdrehung, Postrotatorius / rechtes Auge



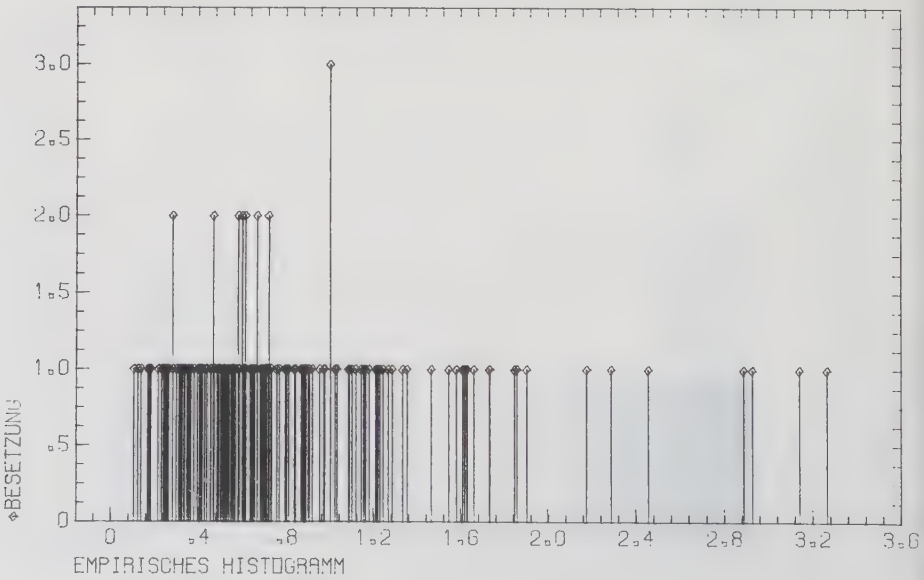
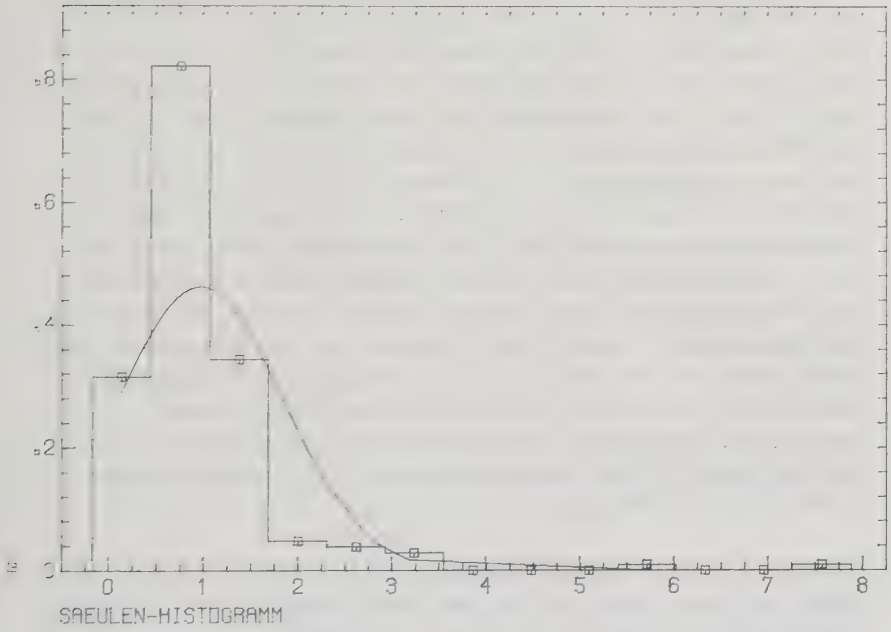
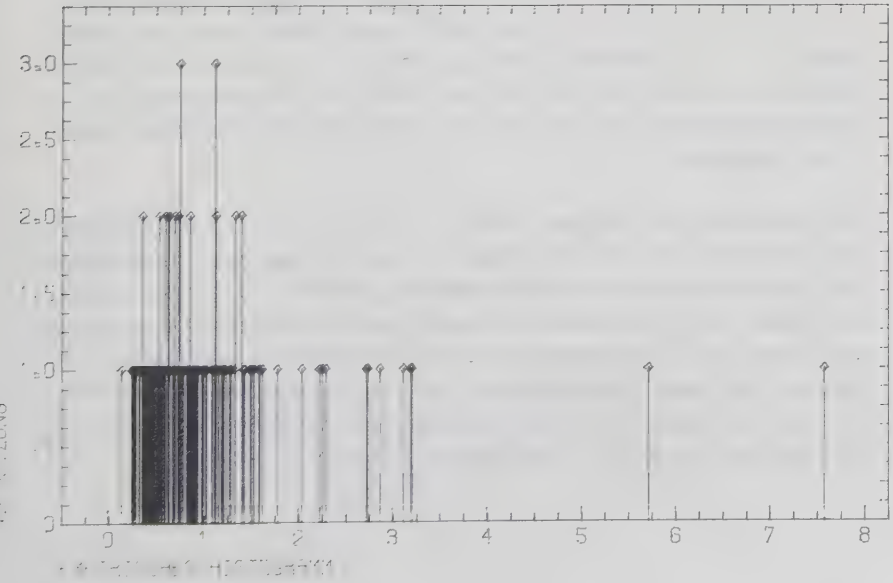


Abb.34/35 Frequenzverhältnisse (Horiz.freq. = 1)
Linksdrehung, Postrotatorius/linkes Auge





1.4. Das Wandern des Nystagmus während des RIDT

35% der Probanden zeigen während eines Testes ein Wandern der Augenbewegungen. D. h., die Augen schlagen z. B. beim Perrotatorius einer Rechtsdrehung nicht nur nach rechts aus, sondern beschreiben einen Halbkreis, der nach rechts gerichtet ist. Dieser umfasst maximal einen Winkel zwischen 90 und 270°. Da die Vertikalnystagmen in 2 Ableitungen (nach oben gerichtet und nach unten gerichtet) erfaßt sind, ergeben sich auch 2 Hauptschlagrichtungen. Nur diese sind miteinander gekoppelt in den nachfolgenden Abbildungen eingezeichnet. Jedes Kreuz stellt das Ergebnis eines Probanden dar. Auf der x-Achse kann die Hauptschlagrichtung nach oben und auf der y-Achse die nach unten abgelesen werden. Sie sind in Winkelgraden angegeben, wie bereits im Kapitel 1.15 beschrieben und in der Abb. 3 aufgezeichnet. Durch die Punktwolken verlaufen 3 schräge Geraden, die mittlere ist die Regressionsgerade, die beiden äußeren bilden die 95% Schranken.

Durch den Verlauf dieser Geraden wird sichtbar, daß eine im Mittelwert hohe Amplitude in der einen Richtung oft mit einer niedrigeren mittleren Amplitude in der anderen Richtung gekoppelt ist. Es gibt bevorzugte Winkelbereiche. Sie liegen etwa bei 45°, 135°, 225° und 315°, entsprechen also den Diagonalen. Die Streubreite ist allerdings erheblich. Unterschiede zwischen rechtem und linkem Auge oder zwischen Rechts- und Linksdrehung hinsichtlich der bevorzugten Winkel lassen sich nicht erkennen.

Die Anzahl der Probanden, deren rechtes Auge beim Postrotatorius wandert, ist um 24,9% größer als bei dem des linken Auges. Beim Perrotatorius der Rechtsdrehung wandert das linke Auge bei einer um 25,6% größeren Anzahl der Probanden als das rechte Auge. Bei der Linksdrehung ist der Unterschied noch größer, nämlich 32% beim Perrotatorius und 34,7% beim Postrotatorius. In allen 4 Tests vereinigt das zur Nase liegende Schlagfeld die größere Anzahl der Probanden auf sich.

Gekoppelte Hauptschlagrichtungen: Rechtsdrehung, Perrotatorius

Abb. 36
rechtes Auge

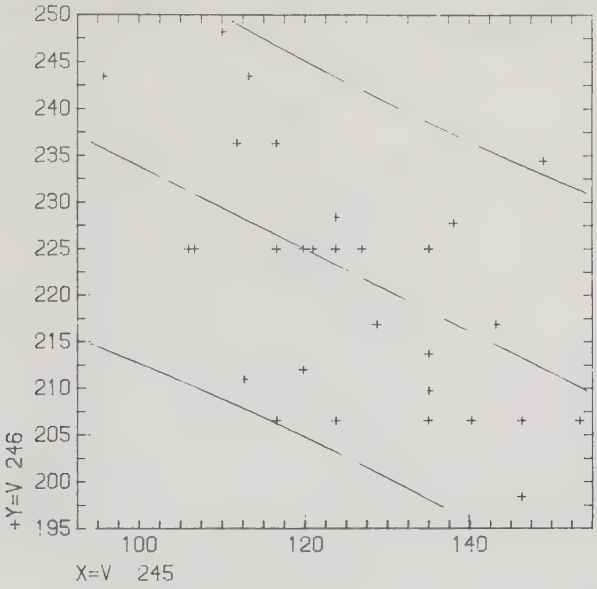
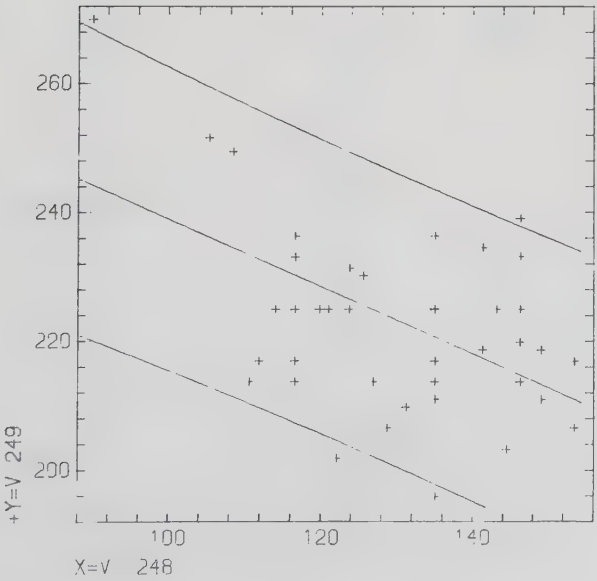


Abb. 37
linkes Auge



Gekoppelte Hauptschlagrichtungen: Rechtsdrehung, Postrotatorius

Abb. 38
rechtes Auge

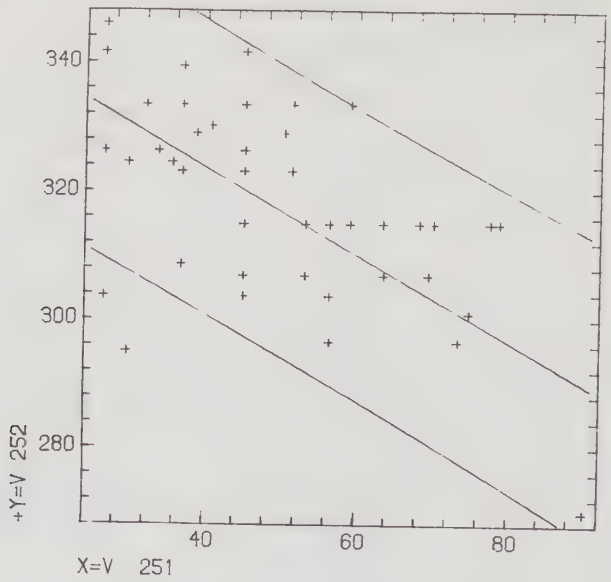
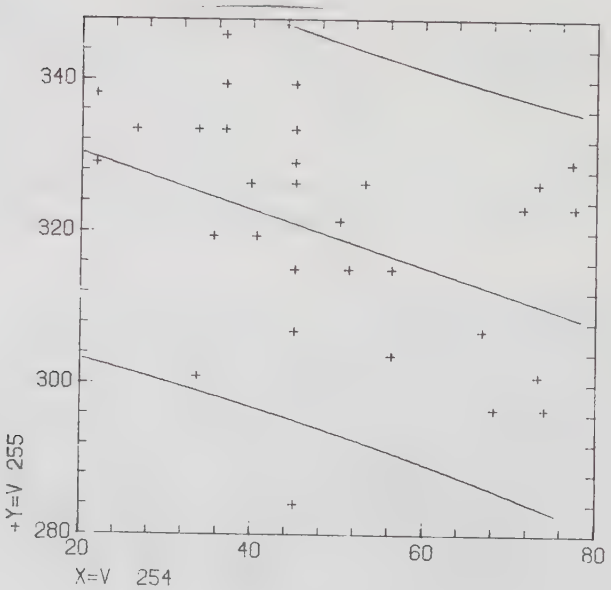


Abb. 39
linkes Auge



Gekoppelte Hauptschlagrichtungen: Perrotatorius, Linksdrehung

Abb. 40
rechtes Auge

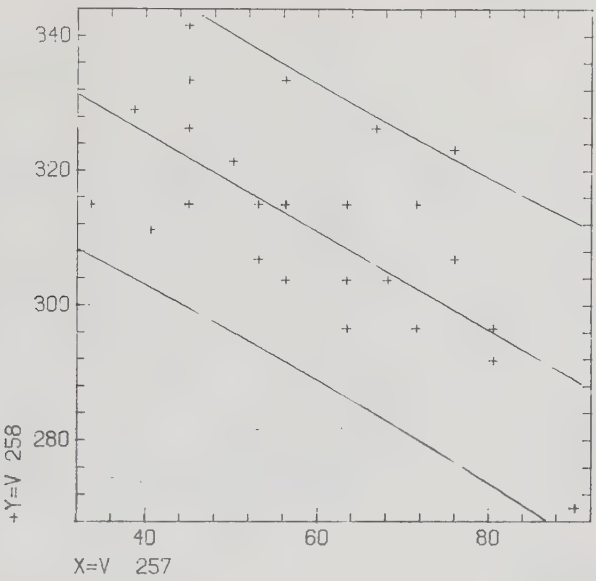
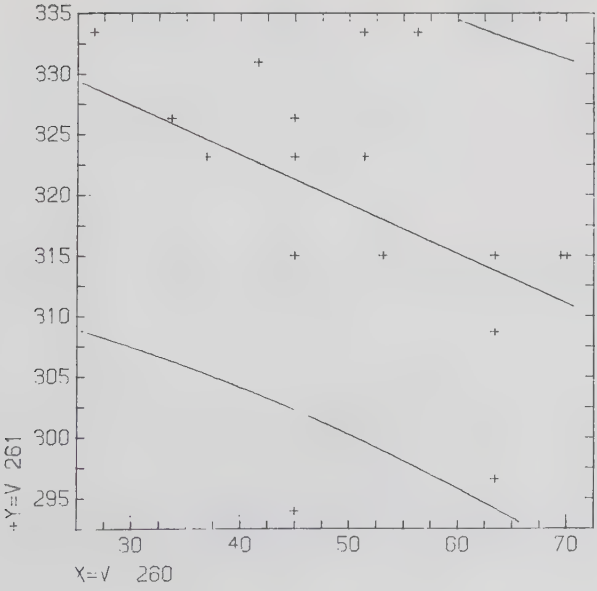


Abb. 41
linkes Auge



Gekoppelte Hauptschlagrichtungen: Linksdrehung, Postrotatorius

Abb. 42
rechtes Auge

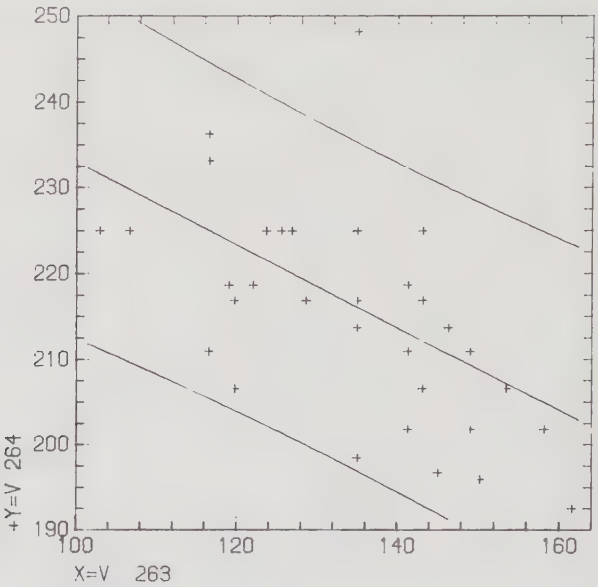
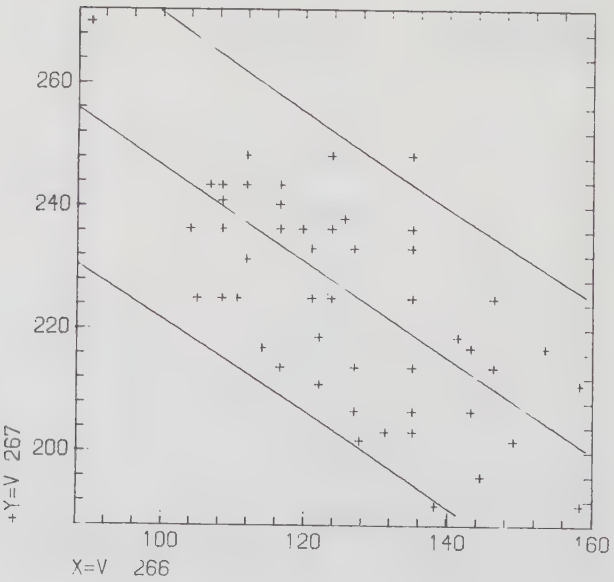


Abb. 43
linkes Auge



2. Kasuistik

Aus dem Probandengut, das der statistischen Prüfung dieser Arbeit zugrunde liegt, sind 9 Fälle ausgewählt worden. An diesen sollen nachfolgend die verschiedenen Lagemöglichkeiten der Kennlinien im Auswerteschema des rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Testes nach CLAUSSEN dargestellt werden. (Im Kapitel 1.3 ist das Zustandekommen dieser Kennlinien beschrieben, und in der Abb. 2 ist dieses Schema abgebildet.) Die Kennlinien können unterhalb des schraffiert eingetragenen Normbereiches liegen, dies bedeutet eine Hemmung des Nystagmus, im Normbereich, oder oberhalb des Normbereiches, was einer Enthemmung entspricht. Außerdem kann der Anstiegswinkel der Kennlinie zu steil oder zu flach sein. Durch Parallelverschiebung und Vergleich mit den in den Normbereich eingezeichneten Dreiecken erkennt man, ob die Steigung der Kennlinie mit der Norm übereinstimmt.

Fall 1

52 Jahre alte Krankenschwester;
Diagnose: periphere vestibuläre Störung links
Beschwerden: Seit 10 Jahren beim Aufstehen aus dem Liegen 1 - 2 Sekunden lang, manchmal auch Minuten lang Drehgefühl und Übelkeit, seit einem 1/2 Jahr "Singen" in der linken Kopfhälfte und Hörverminderung beidseits.
RIDT: Normalbefund
Medikament: 1x pro Tag ein Sedativum
Verlauf: Die Beschwerden sind gegenüber der 1. Untersuchung, die vor 3 Monaten stattfand, unverändert.

Fall 2

56 Jahre alter Rentner;
Diagnose: posttraumatischer Schwindel
Beschwerden: Seit 1942 (Kriegsverletzung) Drehgefühl beim Lagewechsel von 1 - 2 Sekunden Dauer, Ohrensausen und Hörverminderung beidseits. Letzter Schwindelanfall vor 8 Tagen, während dieses Anfalles un-

scharfes Sehen.
RIDT: perrotatorische Hemmung, postrotatorischer Normalbefund
Medikament: Ostrochont
Sehstörung: Lese- und Fernsichtbrille

Fall 3
49 Jahre alter Zimmermann;
Diagnose: kombinierte vestibuläre Gleichgewichtsstörung mit Innenohrbeteiligung
Beschwerden: Seit 3 Jahren beim Autofahren, Kopfdrehen, Bücken und Aufstehen Schwankschwindel mit Drehgefühl nach rechts und Fallneigung nach rechts, Unsicherheit, Schweißausbruch, Übelkeit, Erbrechen von einigen Minuten bis zu 5 Stunden Dauer. Seit 4 Jahren im linken Ohr Rauschen und Taubheit.
Ursache: unbekannt, weder eine nachgewiesene Infektion noch ein Lärmtrauma vorausgegangen
RIDT: per- und postrotatorische Hemmung

Fall 4
62 Jahre alter Laborangestellter;
Diagnose: zentrale Gleichgewichtsstörung
Beschwerden: Letzter Schwindelanfall vor 3 Jahren, es handelte sich um einen Schwankschwindel verbunden mir Drehgefühl nach rechts, Schweißausbruch, Übelkeit und Erbrechen. Erste Symptome vor 9 Jahren, die Anfallsdauer betrug Minuten bis Wochen.
RIDT: perrotatorischer Normalbefund, postrotatorische Hemmung
Erste Befunderhebung vor 3 Jahren, keine Veränderungen zum jetzigen Befund erkennbar. Der kalorisch - rotatorische Reiz/Reaktionsstärkevergleich zeigt ein vestibuläres Decruitment beidseits. (Das bedeutet, daß die kalorische Warmreaktion eine über der Norm liegende Nystagmusfrequenz aufweist, während die perrotatorische Reaktion im Normbereich liegt.) Die zentrale vestibulospinale Gleichgewichtsfunktion ist gestört. Im Romberg und Unterberger Versuch zeigen sich schwere Geh- und Stehstörungen.

Fall 5

36 Jahre alter kaufmännischer Angestellter;
Diagnose: cardiovaskulär bedingte periphere Vestibularisstörung links
Beschwerden: Seit einigen Jahren Schwindelgefühl von 1 - 2 Sekunden Dauer beim Kopfdrehen und bei Blickwendung verbunden mit Schweißausbrüchen, Unsicherheit und "schwarz werden vor den Augen".
Sonstige Erkrankungen: Hypotonie, Herzinsuffizienz, fragliche Myocarditis und Verdacht auf Nierensteine
RIDT: perrotatorische Enthemmung links, postrotatorischer Normalbefund

Fall 6

50 Jahre alter technischer Amtmann;
Diagnose: zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung, die Läsion liegt wahrscheinlich diffus verteilt im Stammhirn.
Beschwerden: Seit einem Jahr Schwankschwindel beim Kopfdrehen, Bücken und Aufstehen mit "schwarz werden vor den Augen" und Schwächeanfällen von 1/2 bis 1 1/2 Stunden Dauer. Seit 3 Wochen Verstärkung der Beschwerden, verbunden mit Sehstörungen wie Flimmern und "Punktesehen".
RIDT: per- und postrotatorische Enthemmung
Starker Raucher

Fall 7

51 Jahre alte Hausfrau;
Diagnose: zentrale Gleichgewichtsstörung, die Läsion liegt wahrscheinlich im Stammhirn links
Beschwerden: Seit 6 Jahren Schwankschwindel mit Drehgefühl von 1 - 2 Sekunden Dauer und Fallneigung nach rechts, verbunden mit Unsicherheit beim Kopfdrehen nach rechts im Liegen und bei schnellen Bewegungen, "Sternchensehen".
Sonstige Erkrankungen: Commotio und Herzinsuffizienz
RIDT: perrotatorisch normal, postrotatorische Enthemmung

Medikamente: Fludilat, Hilogan, Lanitop, Dusodril

Fall 8

53 Jahre alter Diplom-Ingenieur;

Diagnose: die neurootologischen Untersuchungsbefunde liegen an der Grenze der Norm.

Beschwerden: Seit 14 Tagen Drehschwindel nach rechts, Übelkeit und Erbrechen mehrere Stunden andauernd. Der Drehschwindel tritt plötzlich beim Autofahren auf, vorher keine Beschwerden beim Autofahren.

Vorgeschichte: Vor 14 Tagen längere Zeit Zimmerdecke gestrichen.

Letzter Schwindelanfall: am Tage vor unserer Untersuchung

RIDT: sehr steile Kennlinie (postrotatorisch) bei der Linksdrehung, noch im oberen Grenzbereich

Sonstige Erkrankungen: Hypotonie, latenter Diabetes, seit einem 1/2 Jahr 2 Nierensteine bekannt, Fernbrille

Zum Zeitpunkt der Untersuchung beschwerdefrei, neurologisch normaler Befund.

Fall 9

46 Jahre alter Elektriker;

Diagnose: kombinierte periphere und zentrale Gelichgewichtsfunktionsstörung

Beschwerden: Seit einigen Monaten beim Kopfdrehen Schwindel von 1 - 2 Sekunden Dauer, seit 2 Monaten Schwindel im Liegen, Hinterkopfschmerzen.

Vorgeschichte: 1945 Schädelbruch mit Lähmung der linken Gesichtshälfte und Operation am rechten Ohr.

RIDT: unterflache Kennlinie bei der Linksdrehung

weitere Untersuchungen: nach hyperventilationstetanischem Anfall unklarer Schwindel; Kalorimetrie: beidseits Hemmung bei Warm- und Kaltreaktion. Eine Koordinationsstörung der Okulomotorik konnte nachgewiesen werden. Die vestibuläre Funktionshemmung liegt beidseits vor. Eine Störung der vestibulären Erregbarkeit ist obejektivierbar.

Nach Therapie mit Vasomotal besserten sich die Beschwerden.

Daß der RIDT zur Diagnosefindung häufig nicht ausreicht geht aus den Fallbeschreibungen hervor, besonders deutlich bei der Krankenschwester (Fall 1), deren periphere vestibuläre Störung im RIDT nicht sichtbar wird. CLAUSSEN schlägt vor, die Cranio-Corpo-Graphie, die kalorische Vestibularisprüfung und den RIDT als Standarduntersuchungen zu verwenden und je nach Krankheitsbild um andere Untersuchungen zu erweitern. Zur Prognosestellung eignet sich nach CLAUSSEN besonders der kalorisch - rotatorische Reiz/Reaktionsstärkevergleich.

IV. DISKUSSION

1. Vektorielle Augenbewegungsanalyse mittels des Elektronystagmogramms

Der Nystagmus erfolgt nicht, wie früher angenommen, in einer horizontalen Ebene, sondern im dreidimensionalen Raum. Auch ist das ENG keine Aufzeichnung der Augenmuskelpotentiale wie der Vater des ENG, SCHOTT, 1922 angenommen hat, sondern eine Potentialverschiebung zwischen Cornea und Retina.

Durch die Elektronystagmographie ist es möglich, Augenbewegungen in vertikaler und horizontaler Richtung zu erfassen. Dazu zerlegt man sie in horizontale und vertikale Vektoren, das heißt, eine einzige Augenbewegung wird zweimal erfaßt, einmal in der horizontalen und ein zweites Mal in der vertikalen Ableitung. Dabei zeigt die Schreibzeigerdeviation die Richtung an (s. Kap. II. 1.3). Trägt man nun die Höhe der Amplituden in ein Koordinatensystem ein, so erhält man die genaue Richtung der Augenbewegung, indem man diesen Punkt mit dem Nullpunkt verbindet. Die Richtung der Schreibzeigerdeviationen bestimmt das Koordinatenfeld.

Im rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Test konnten keine rein horizontalen Nystagmen über 30 Sekunden gefunden werden, und nur in einem Fall wurden vom rechten Auge nur vertikale Augenausschläge abgeleitet. Eine nur horizontale Ableitung verzichtet auf einen erheblichen Teil an Informationen. Da sie weder das Wandern der Nystagmen, das in dieser Arbeit bei 35% der Probanden etwa halbkreisförmig erfolgt, erfaßt, noch die nicht unerheblichen vertikalen Augenbewegungen. Das Maximum liegt hier beim 8 fachen der Horizontalnystagmen. Da die Augenauslenkungen in der Mehrzahl der Fälle nicht streng koordiniert sind, ja sogar entgegengesetzt sein können, sollte auf eine monokuläre Aufzeichnung nicht verzichtet werden. CLAUSSEN unterscheidet 4 Typen der Koordination des Horizontalnystagmus:
Typ I: Gleichgerichteter binokulärer Horizontalnystagmus.

Typ II: Konvergent dissozierter binokulärer Horizontalnystagmus.
Typ III: Divergent dissozierter Horizontalnystagmus.
Typ IV: Monokuläre Lähmung des Horizontalnystagmus.
Die stärkste Nystagmuskoordinationsverletzung findet sich in der Aufzeichnung des Spontannystagmus bei geschlossenen Augen. Die Nystagmusdissoziationen treten vermindert auf, wenn man durch Reize gerichtete okulomotorische Bewegungen hervorruft. Solche Reize können die Blickfolge bei geöffneten Augen oder der vestibulär ausgelöste kalorische Nystagmus sein. Nach CLAUSSEN soll von den vestibulär ausgelösten Nystagmen der durch den supramaximalen rotatorischen Reiz stimulierte, also postrotatorische, Nystagmus am besten koordiniert sein. Da selbst unter einem so starken Stimulus, wie dem supraliminalen und supramaximalen Reiz auf dem elektrisch angetriebenen Drehstuhl, Unterschiede zwischen den Augen und ein Wandern der Augenschlagfelder auftreten, erscheint es uns angebracht, eine sowohl horizontale als auch vertikale Aufzeichnung beider Augen getrennt voneinander für den klinischen Bereich zu fordern. Ferner hat sich gezeigt, daß selbst unter stärksten Reizen Schlagfeldverlagerungen und - wanderungen vorkommen. Insbesondere gibt es keine streng horizontalen Schlagfelder.

Die getrennte Aufzeichnung beider Augen wird allerdings dadurch relativiert, daß die elektrischen Felder beider Augen sich gegenseitig beeinflussen. So fanden WODATSCHECK, TONDROW und CLAUSSEN bei einem Mann, dem ein Auge einschließlich der Muskeln entfernt worden war, über dieser Augenhöhle dieselben Potentialverschiebungen, - in entgegengesetzter Richtung und in abgeschwächter Form -, wie sie über dem gesunden Auge zu erhalten waren. Auf dieses Phänomen, sowie auf die Dissoziationen wird später noch eingegangen.

2. Motorischer Bewegungsapparat und Innervation des Auges

Das Auge wird insgesamt von 6 Muskeln bewegt, die unter fächerförmiger Verbreiterung an der Sclera inserieren. Die Insertion der 4 Musculi recti erfolgt vor, jene der Musculi obliqui hin-

ter dem Äquator des Bulbus. Die Funktion der Augenmuskeln wird dadurch kompliziert, daß sie mit Ausnahme des M. rectus medialis und lateralis nicht parallel zu einem Meridian des Bulbus verlaufen und daher den Bulbus innerhalb der Vagina bulbi nach drei verschiedenen Richtungen des Raumes drehen. Nach WALDEYER erzielen sie im einzelnen folgende Wirkung:
Der M. rectus medialis bewirkt reine Adduktion.
Der M. rectus lateralis bewirkt reine Abduktion.
Der M. rectus superior hebt die Sehlinie, rotiert nach innen und adduziert.
Der M. rectus inferior senkt die Sehlinie, rotiert nach außen und abduziert.
Nach LEYDHECKER bilden die beiden letztgenannten Muskeln in der Primärstellung mit der Sehlinie einen Winkel von 23 Grad. Wird das Auge um 23° abduziert, kommt die Sehlinie in die Verlaufsrichtung der Muskeln, sie sind dann nahezu reine Heber und Senker.
Der M. obliquus superior senkt die Sehlinie, rotiert nach innen und abduziert.
Der M. obliquus inferior hebt die Sehlinie, rotiert nach außen und abduziert.
Die beiden Muskeln bilden in der Primärstellung mit der Sehlinie einen Winkel von 51° (LEYDHECKER). Wird das Auge um 51° abduziert, so verlaufen die Muskeln senkrecht zur Sehlinie, sie werden zu reinen Rollern. Da die 4 geraden Augenmuskeln von hinten nach vorn an den Bulbus ziehen, können sie den Bulbus in die Augenhöhle pressen. Diesem Zug wirken der Fettkörper und die beiden Musculi obliqui entgegen (WALDEYER).

Die Bewegungen des Auges sind also räumlich. Es verhält sich wie ein Kugelgelenk, an dem wir eine vertikale Ab- und Adduktionsachse, eine sagittale Rotations- und eine transversale Achse für Heben und Senken der Sehlinie unterscheiden können. Für eine Augenbewegung werden meist mehrere Muskeln innerviert. Die Innervation wird von 3 Nerven bewirkt. Der M. obliquus superior wird vom Nervus trochlearis versorgt, der M. rectus lateralis vom N. abducens und alle anderen vom N. oculomotorius.

Durch die Innervation der Augenmuskeln läßt es sich erklären, daß die Anzahl der reinen Horizontalnystagmen, wenn sie nach außen (von der Nase weg) gerichtet sind, am größten ist. Durch unsere Art der Aufzeichnung ist es nicht möglich, den rotatorischen Anteil der Augenbewegung zu erfassen. Wir bilden das, was in Wirklichkeit räumlich abläuft, in einer Ebene als Linearvektoren ab. Diese Beschränkung auf eine Ebene stellt sicher schon einen Informationsverlust dar, den man nicht noch weiter einschränken sollte.

Die Kerne der Nerven, die die Augenmuskeln innervieren, liegen am Boden des 4. Ventrikels in der Rautengrube. Sie sind durch das mittlere Längsbündel miteinander verbunden. Ebenfalls mit dem mittleren Längsbündel stehen die Vestibulariskerne in Verbindung. Sie liegen auch in der Rautengrube. Die in den Endkernen entspringenden sekundären Neurone schicken ihre Impulse auch zu den kurzen Strangzellen, und ihre zahlreichen Kollateralen können Erregungen des Gleichgewichtsapparates auf den motorischen Apparat, die Ursprungskerne der Hirn- (besonders der Augenmuskel-)nerven und die ihnen entsprechenden Vorderwurzelzellen des Rückenmarkes übertragen, und reflektorische Muskelbewegungen auslösen, die zur Erhaltung normaler Kopf-, Augen- und Rumpfstellung dienen.

Offensichtlich sind verschiedene Nystagmusgeneratoren vorhanden. LORENTE DE NO wies darauf hin, daß für die experimentelle Erzeugung eines Horizontalnystagmus der Nucleus paraabducens von äußerster Wichtigkeit ist. Er stellte aber auch fest, daß die den Nystagmus zügelnden und hemmenden Strukturen die den Nystagmus generierenden Strukturen überwiegen. Bei einer krankhaften Veränderung dieser Strukturen kommt es zu einem Überschießen der Nystagmusreaktionen, die CLAUSSEN als "Nystagmusenthemmung" bezeichnet, und TOROK als "overactive vestibular response". Für das Vorhandensein eines Nystagmusgenerators für vertikal aufwärts gerichtete Nystagmen und eines für vertikal abwärts gerichtete spricht die Beobachtung, daß bei den Patienten, die ein Wandern der Nystagmusrichtung zeigen, keine gleichmäßigen Abläufe dieses Wanderns vorliegen, sondern mit-

unter eine abrupte Umkehr des Vertikalnystagmus. Dies ist allerdings nicht Gegenstand dieser Untersuchung, sondern nur eine Beobachtung bei der Auswertung der ENGs.

Die Muskelarchitektur des Auges macht deutlich, daß kartesische Linearbewegungen kaum zu realisieren sind, ausgenommen davon die nach außen gerichteten Horizontalbewegungen des Auges. Bei Nystagmen in dieser Richtung dürfte auch der Nucleus paraabducens eine wichtige Rolle spielen.

3. Der durch verschiedene Auslösemechanismen mögliche Spontannystagmus

Der nicht experimentell ausgelöste, spontan auftretende Nystagmus kann sowohl aurikulär als auch okulär oder zentral bedingt sein. Seine Richtung ist deshalb ebenso wie beim Lagenystagmus und dem Lagerungsnystagmus nicht vorhersehbar. Er ist auch bei Gesunden in Rückenlage im Dunkeln oder bei geschlossenen Augen in erheblichem Umfang vorhanden (CLAUSSEN, COATS). Sichtbar wird dieser erst durch das ENG. Die alters- und geschlechtsspezifischen Unterschiede des Spontannystagmus entsprechen denen des rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Testes. Wohl bedingt durch die im allgemeinen niedrigeren Schlagraten und die häufiger wechselnde Richtung ist die Anzahl der signifikanten Unterschiede geringer, vor allem beim Spontannystagmus mit offenen Augen, denn nach CLAUSSEN, COATS u. a. wird der Spontannystagmus durch sensorische Afferenzen, wie Öffnen der Augen, Belichtung, Blickfixierung usw., gemindert oder ganz gehemmt. SOYKA stellte bei gesunden Jugendlichen nach 72stündigem Schlafentzug fest, daß sogar beim stärksten Stimulus - dem postrotatorischen Reiz - kaum noch Nystagmen auftreten.

In dieser Arbeit gibt es allerdings auch Ergebnisse, die denen des RIDT entgegengesetzt sind, und zwar sowohl beim Spontannystagmus mit geöffneten Augen als auch mit geschlossenen Augen: die 30 - 39jährigen weisen gegenüber den 40 - 59jährigen niedrigere Schlagraten auf. Auch bei der mittleren Amplituden-

höhe der 10 - 19jährigen treten Abweichungen auf. Die Ergebnisse von CLAUSSEN, daß die mittlere Standardintensität (entspricht der mittleren Amplitude) beim Spontannystagmus in niedrigem Lebensalter groß und in höherem Lebensalter erniedrigt ist, kann durch diese Arbeit vor allem durch den Spontannystagmus bei geschlossenen Augen bestätigt werden. Bei offenen Augen trifft diese Aussage nur für das hohe Alter zu; dagegen weisen die 20 - 29jährigen und die 40 - 49jährigen eine höhere mittlere Amplitude auf als die 10 - 19jährigen, und die übrigen Altersgruppen zeigen keine signifikanten Unterschiede gegenüber den 10 - 19jährigen. Als Erklärung mag das zu Beginn dieses Abschnitts Angegebene gelten.

4. Vom Ohr ausgelöste Nystagmen

4.1. Entstehung und Richtung

Das periphere Vestibularisorgan gibt ständig Impulse über verschiedene Rami des Nervus octavus zu den Vestibulariskernen ab und bewirkt dort normalerweise Tonusgleichheit. Wird z. B. die Cupula des lateralen Bogenganges in Richtung auf den Utriculus vom Endolymphstrom mitgenommen, kommt es zu einer Impulserhöhung und damit zu einer Steigerung des Tonus des entsprechenden Vestibulariszentrums. Der Horizontalnystagmus würde dann zu dieser Seite ausschlagen. Umgekehrt kommt es bei einer Auslenkung in Richtung auf den lateralen Bogengang zu einer Impulserniedrigung. Das Ergebnis wäre ein Horizontalnystagmus in entgegengesetzter Richtung. Bei den vertikalen Bogengängen liegen die Verhältnisse genau umgekehrt; dort bewirkt eine bogengangwärts gerichtete Cupulaauslenkung eine Informationsvermehrung und die utrikuluswärtsgerichtete eine Informationsverminderung (BOENNINGHAUS). Die Tonusdifferenz in den Vestibulariszentren führt also zum Nystagmus. Dieser vestibulär bedingte Nystagmus kann durch Änderung der Lage, durch calorische Reize oder durch Rotation ausgelöst werden.

Während beim Spontannystagmus die Richtung nicht vorhersehbar

ist, ist sie es bei den experimentell ausgelösten Nystagmen, zum Beispiel die Reaktion des Probanden auf eine Drehung. Beim Drehtest kommt es zu einer Strömung der Endolymphe und somit zu einer Auslenkung der Cupula. Ein Bogengang, der Rezeptor in Drehrichtung, erhöht seine Informationsproduktion während der Drehung, wogegen der drehrichtungsentgegengesetzte Rezeptor seine Informationsproduktion vermindert. So entsteht der perrotatorische Nystagmus. Der entgegengesetzt ausschlagende, postrotatorische Nystagmus kommt durch abruptes Abbremsen zustande.

4.2. Ergebnisse des Alters- und Geschlechtsvergleichs

Die Probanden sind in 7 Altersgruppen unterteilt worden. Geschlechtsvergleiche innerhalb dieser Altersgruppen zeigen, daß Frauen, besonders die 30 - 39jährigen, sowohl eine signifikant höhere Frequenz als auch eine höhere mittlere Amplitude aufweisen als die Männer. Die 40 - 49jährigen Frauen haben bei der Schlagrate sogar noch häufiger signifikant höhere Ergebnisse als die 30 - 39jährigen gegenüber den Männern. Bevor diese Aussage allgemeine Gültigkeit erlangt, sollte darauf geachtet werden, daß sich beide Gruppen nicht in der Schwere ihrer Gleichgewichtsstörungen unterscheiden. Dies ist bei dieser Untersuchung außer acht gelassen worden; da es sich um relativ große Probandengruppen handelt, ist es zwar wahrscheinlich, daß ein Ausgleich des Schweregrades stattgefunden hat, eine Differenz ist aber zwischen Männern und Frauen nicht sicher auszuschließen. Dies gilt für alle hier gemachten Aussagen über alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede.

Die Feststellung von CLAUSSEN, daß junge Menschen im Durchschnitt höhere Amplituden beim Spontannystagmus aufweisen, trifft auch für den RIDT zu, und zwar nicht nur für den Horizontalnystagmus, sondern auch für den Vertikalnystagmus. Aber nicht nur das, auch die Nystagmusfrequenz ist hochsignifikant größer. Dagegen bestätigt sich die Aussage, daß die alten Menschen eine kleinere mittlere Amplitude aufweisen, für den RIDT nicht, im Gegenteil, die 70 - 79jährigen Männer zeigen ein-

deutig höhere Amplituden als die 30 - 39jährigen. Auch ihre Frequenz ist signifikant größer. Die höhere Schlagrate haben die alten Männer aber auch gegenüber den 20 - 29jährigen und den 40 - 49jährigen Männern. Die 60 - 69jährigen verhalten sich hinsichtlich der Frequenz ebenso. Die 60 - 79jährigen Frauen weisen bei den Schlagraten umgekehrte Ergebnisse auf. Gegenüber den 30 - 39jährigen und den 50 - 59jährigen zeigen sie die eindeutig niedrigere Schlagrate.

Eine Korrelation zwischen Schlagrate und mittlerer Amplitude kann nicht festgestellt werden.

Der postrotatorische Nystagmus, als Gerade (= Reaktionskennlinie) berechnet nach der Formel $y = ax + b$, nachdem sowohl die Zeit als auch die Schlagraten logarithmiert wurden, zeigt, daß der Steigungsfaktor bei den 10 - 19jährigen signifikant größer ist als bei älteren Menschen. Dieses Ergebnis ist eine Bestätigung der von CLAUSSEN getroffenen Feststellung, daß sich am Ende der Jugend (um das 21. Jahr) die Steigung der postrotatorischen Reaktionskennlinie der Norm nähert. Vorher ist der Steigungsfaktor größer. Aber auch die 40 - 49jährigen und die 50 - 59jährigen erzielen einen größeren Steigungsfaktor gegenüber noch älteren Menschen. Der Lagefaktor dagegen ist bei den 40 - 59jährigen kleiner als bei den 60 - 79jährigen. Geschlechtsspezifische Unterschiede lassen sich für den Lagefaktor nur im Vergleich der 30 - 39jährigen mit den 60 - 69jährigen mit Sicherheit feststellen: Die 30 - 39jährigen Frauen und im Gegensatz dazu die 60 - 69jährigen Männer weisen den größeren Lagefaktor auf.

Eine Untersuchung der Richtung des Nystagmus (mehr horizontal oder mehr vertikal) auf geschlechts- oder altersspezifische Unterschiede ergibt nicht genügend signifikante Ergebnisse um daraus eine allgemeine Regel ableiten zu können. Der postrotatorische Nystagmus der Linksdrehung hebt sich allerdings ab, die Nystagmen der jeweils älteren Altersgruppen sind signifikant flacher als die der jeweils jüngeren. Aber auch hier gibt es eine Ausnahme: Die 10 - 19jährigen haben im Vergleich zu

den höheren Altersgruppen einen mehr horizontal ausgerichteten Nystagmus. Warum der postrotatorische Nystagmus sich so von den anderen Tests unterscheidet, ist uns nicht bekannt. Setzt man die Frequenz der Horizontalnystagmen in Beziehung zur Frequenz der Vertikalnystagmen, so bekommt man eine Bestätigung für die letzte Aussage über die 10 - 19jährigen. Ihre Horizontalfrequenz ist im Vergleich zu höheren Altersgruppen größer als die Vertikalfrequenz. Ebenso verhalten sich die 20 - 29-jährigen gegenüber Älteren.

Die 10 - 19jährigen haben also im Vergleich zu Älteren die größere Frequenz und die höheren Amplituden sowohl in den vertikalen als auch in den horizontalen Ableitungen, insgesamt also die größeren Nystagmen. Der Steigungsfaktor der postrotatorischen Reaktionskennlinie ist größer, und ebenso ist es die Horizontalfrequenz im Vergleich zur Vertikalfrequenz. Leider kann in dieser Arbeit nichts über die Kinder unter 10 Jahren ausgesagt werden, da sich in der Untersuchungszeit zu wenige Kinder für den RIDT einfanden. Es ist anzunehmen, daß die oben angegebenen Merkmale typisch für Heranwachsende sind. Eine sichere Beantwortung ist aber nicht ohne die Ergebnisse der noch Jüngeren möglich.

4.3. Nystagmen in entgegengesetzter Richtung

Augenbewegungen entgegen der zu erwartenden horizontalen Richtung kommen in dieser Untersuchung bei 20,1% der Probanden vor. CLAUSSEN stellte bei 23% seiner Probanden diese Koordinationsstörungen des Horizontalnystagmus fest. Er wies auch darauf hin, daß Koordinationsstörungen durchaus noch im Bereich der Norm liegen können. Treten sie allerdings bei verschiedenen Reaktionen auf, so bezeichnet er sie als pathologisch. Eine monokuläre Lähmung des Horizontalnystagmus ist dagegen nach CLAUSSEN immer pathologisch. Eine Augenmuskellähmung muß vorher ausgeschlossen werden. In diesem Probandengut fand sich ein 74 Jahre alter Mann mit dieser Lähmung.

4.4. Unterschiede zwischen nach nasal und nach temporal gerichteten Nystagmen

Hier sind die Ergebnisse eindeutig und eine Erklärung möglich. Die Anzahl der Koordinationsstörungen ist bei zu erwartender nasaler Richtung immer, zum Teil sogar erheblich größer (s. Kap. 1.12). Betrachtet man das Verhältnis Horizontal- zu Vertikalfrequenz (Abb. 20 - 35) so sieht man, daß die Horizontalfrequenz im Mittel geringfügig größer ist als die Vertikalfrequenz, die Streubreite ist sehr groß. Bei getrennter Betrachtung der nach innen gerichteten und der nach außen gerichteten Nystagmen fällt auf, daß das Verhältnis Horizontal- zu Vertikalfrequenz im Durchschnitt um 0,1 differiert, d.h. die Anzahl der Horizontalnystagmen ist bei den nach außen gerichteten Nystagmen um 10% größer als bei den nach innen gerichteten. Weitaus überzeugender ist das Ergebnis, wenn man die Anzahl der Probanden betrachtet, die während des RIDT ein etwa halbkreisförmiges Wandern des Schlagfeldes zeigen (Abb. 36 - 43). Die Anzahl der Probanden, deren Schlagfeld bei nach innen gerichteten Augenbewegungen wandert, ist im Durchschnitt um 29,3% größer. Leider sind die Unterschiede zwischen mehr vertikaler und mehr horizontaler Nystagmusrichtung in dieser Hinsicht nicht signifikant. Das könnte auch daran liegen, daß das Frequenzverhältnis der beiden Ableitungen (vertikal und horizontal) bei der Berechnung der mittleren Amplitude nicht berücksichtigt worden ist.

Die Anzahl der nur horizontalen Nystagmen ist also bei nach außen gerichteten Augenbewegungen größer, die Koordinationsstörungen und die Zahl der Schlagfeldwanderungen wesentlich geringer. Hierfür gibt es zwei Erklärungen: 1. innerviert der Nervus abducens nur den Musculus rectus lateralis des Augenbewegungsapparates, während der N. oculomotorius neben dem M. rectus medialis auch noch den M. rectus superior und inferior und den M. obliquus inferior innerviert. 2. die gegenseitige Beeinflussung des elektrischen Feldes beider Augen. Diese konnten WODATSCHEK, TONDROW und CLAUSSEN an einem einäugigen Patienten und einem entsprechenden Modellversuch zeigen. Sie

ziehen daraus den Schluß, daß durch die Überlagerung der Dipoleigenschaften des einen Auges durch die des anderen Auges der nasalwärts gerichtete Nystagmus gestört wird, und, da die Störung in der Vertikalen nicht so groß ist, die vertikale Komponente größer wird. Dazu kommt noch, daß durch die Polung der Elektroden das elektrische Feld des einen Auges in der Aufzeichnung die nach außen gerichteten Nystagmen des anderen verstärkt, wie sie ebenfalls an diesem einäugigen Patienten, dem auch der Bewegungsapparat des Auges entfernt worden war, und an einem Modell zeigen konnten.

Daraus ergibt sich, daß einem größeren Anteil an Vertikalfrequenzen und Schlagfeldwanderungen bei nach außen gerichteten Nystagmen eine größere pathologische Bedeutung zukommt als bei nasalwärts gerichteten. Dagegen sind Koordinationsstörungen, die, entgegen der zu erwartenden temporalen Richtung, einen Ausschlag nach nasal zeigen als schwerwiegender zu bewerten. Sie sind Ausdruck einer zentralnervösen Störung im Sinne der internukleären Ophthalmoplegie. Die Einzelwerte sind dem Kap. III. 1.12 zu entnehmen. Alle Aussagen über Koordinationsstörungen betreffen nur den RIDT nicht aber den Spontannystagmus. Da seine Richtung nicht vorhersehbar ist, gelten für ihn andere Gesetze. Eine konvergente Dissoziation ist hier auch viel häufiger als im RIDT. Im RIDT kommen sie bei beiden Drehungen beim linken Auge bei 4 Patienten und beim rechten Auge nicht vor.

Zur Ursachenfindung der Gleichgewichtsfunktionsstörungen genügt allerdings der RIDT alleine häufig nicht, meist wird man 2 oder 3 Teste zusätzlich durchführen. Zieht man allerdings die Aussagen der Bibel heran, so können wir Gesundheit einfach dadurch erlangen, daß wir Jesus als Herrn anerkennen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit ist bei 188 Patienten der rotatorische Intensitäts-Dämpfungs-Test durchgeführt und der Spontannystagmus bei geschlossenen und geöffneten Augen aufgezeichnet worden.

Beide Augen sind getrennt voneinander horizontal und vertikal abgeleitet worden. Vertikal sind 2 Kurven, eine für aufwärts- und eine für abwärtsschlägige Nystagmen aufgezeichnet worden. Das mitgeschriebene EKG diente der Beurteilung vegetativer Begleitreaktionen. In allen Ableitungen wurde die Frequenz über 30 Sekunden ausgezählt und die mittlere Amplitude berechnet. Die postrotatorische Frequenz des RIDT wurde zusätzlich unterteilt, und damit die 5-, 10- und 30-Sekunden-Werte erfaßt.

Diese Daten wurden einer statistischen Berechnung im Rechenzentrum der Universität Würzburg zugeführt.

Die Alters- und Geschlechtsvergleiche ergaben signifikant höhere Werte der Frauen sowohl bei der Frequenz als auch bei der mittleren Amplitude. Es zeigte sich auch, daß Jugendliche größere Schlagraten, größere Nystagmen, mehr rein horizontale Nystagmen und einen größeren Steigungsfaktor der postrotatorischen Reaktionskennlinie aufweisen als Erwachsene. Alte Menschen dagegen zeigen zu Beginn der postrotatorischen Reaktion eine vergleichsweise hohe Nystagmusrate die dann aber sehr schnell abnimmt. Bei allen Probanden traten bei allen Aufzeichnungen eine größere Anzahl Nystagmen auf, die nicht rein horizontal ausgerichtet waren. Eine Korrelation zwischen Amplitude und Frequenz ließ sich nicht nachweisen. Die Nystagmen, die entgegen der zu erwartenden Richtung auftraten, kamen bei 20,1% der Probanden vor.

Durch die Muskelarchitektur des Bewegungsapparates des Auges und durch die Überlagerung der elektrischen Felder der beiden Augen bedingt, war der Anteil der rein horizontalen Nystagmen

temporalwärts gerichteter Augenbewegungen größer, die Koordinationsstörungen und die Anzahl der Schlagfeldwanderungen wesentlich geringer als bei nasalwärts gerichteten. Der Unterschied in der Anzahl der Schlagfeldwanderungen betrug ca. 30%. Koordinationsstörungen die, entgegen der zu erwartenden temporalen Richtung, im RIDT einen Ausschlag nach nasal zeigen, werden als Ausdruck einer zentralnervösen Störung angesehen.

Diese zum Teil recht erheblichen Unterschiede lassen es geraten erscheinen, bei der Beurteilung zwischen temporalwärts und nasalwärts gerichteten Nystagmen zu unterscheiden.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

AANTAA, E.:
Light-induced and spontaneous variations in the amplitude of the electro-oculogram.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 267: 1-37 (1970)

AANTAA, E., ELENIUS, V.:
Diurnal variation in the amplitude of the corneo-fundal potential.
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) 30: 245-247 (1968)

BOENNINGHAUS, H.-G.:
Die eyperimentellen Vestibularisprüfungen.
Stud. gen. (Berlin) 18: 661-666 (1965)

CLAUSSEN, C. F.:
Über die Aufzeichnung und Auswertung ausgewählter quantitativer Gleichgewichtsfunktionsprüfungen.
Habilitationsschrift, Berlin (1970)

CLAUSSEN, C. F.:
Der rotatorische Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT) und und seine Auswertung mit Hilfe des L-Schemas.
Arch. klin. exp. Ohren-, Nasen-, Kehlkopfheilk. 197: 351 (1971)

CLAUSSEN, C. F.:
Die systematische Auswertung von Elektronystagmogrammen, die Auswahl von repräsentativen Parametern und die Berechnung von Normbereichen.
Verh. Ges. Neurootol. Aequ. 1: 460-490 (1975)

CLAUSSEN, C. F., AUST, G., HORTMANN, G., MÜLLER-KORTKAMP, M.:
Praktikum der Elektronystagmographie
edition medicine + pharmacie - frankfurt a. m. (1975)

CLAUSSEN, C. F., v. LÜHMANN, M.:
Das Elektronystagmogramm und die neurootologische Kennliniendiagnostik.
edition medicine + pharmacie, Hamburg, Neu-Isenburg (1975)

COATS, A. C.:
The diagnostic significance of spontaneous nystagmus as observed in the electronystagmographic examination.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 67: 33 (1969)

FRÖLICH, E.:
Die Augenbewegungen bei sinusförmiger Blickpendelfolge
Dissertation, Würzburg (1976)

LEYDHECKER, W.:
Grundriß der Augenheilkunde
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-NewYork (1976)

LORENTE DE NO:
Labyrinthreflexe auf die Augenmuskeln nach einseitiger Labyrinthexstirpation.
Wien (1927)

SCHOTT, E.:
Über die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Saitengalvanometers.
Dtsch. Arch. klin. Med. 140: 79-90 (1922)

SOYKA, D.:
Zur Variabilität des experimentellen Nystagmus bei Verlaufsuntersuchungen gesunder Probanden und dem Einfluß von Schlafentzug.
2. EEG - EMG 1: 158-163 (1970)

TOROK, N.:
The hyperactive nystagmus response.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 70: 153 (1970)

WALDEYER, A.:
Anatomie des Menschen
De Gruyter, Berlin - New York, Band 2, (1974)

WODATSCHEK, R., TONDROW, M. M., CLAUSSEN, C. F.:
Analyse der räumlichen Blickorientierung
Diff. Diag. of Vertigo, de Gruyter, Berlin-NewYork, 347-375
(1980)

Herrn Professor Dr. C. F. Claussen möchte ich für die Themenstellung, die Anregungen und Aussprachen während der Arbeit und für seine stete Hilfsbereitschaft danken.

Auch möchte ich Frau v. Schlachta für ihre stets freundliche Hilfe bei allen praktischen Fragen danken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Haubitz für die umfassende Beratung bei der rechnerischen Auswertung der Daten.

L e b e n s l a u f

8. 9. 1941	als Tochter des Dipl.-Landwirtes Otto Freiherr von und zu Heßberg und seiner Ehefrau Katharina geb. Muckenschnabl in Köslin/Pommern geboren.
1947 - 1952	Besuch der Volksschule in Obereuerheim/Schweinfurt
1952 - 1953	Besuch des Realgymnasiums in Neuendettelsau/Ansbach
1954 - 1956	Schülerin des Realgymnasiums in Schweinfurt
1956 - 1959	Besuch der Wirtschaftsmittelschule in Schweinfurt
1959 - 1960	Besuch der Landwirtschaftsschule in Schweinfurt
1960 - 1962	Ausbildung zur landwirtschaftlich technischen Assistentin an der J. v. Liebig Universität, Gießen
1962 - 1970	Berufstätigkeit als landw. techn. Assistentin 1962 an der Forschungsanstalt f. Rebenzüchtung, Geilweilerhof/Landau (Pfalz) 1963-65 am Max-Planck-Institut f. Züchtungsforschung in Köln-Vogelsang 1966 am Institut f. Ackerbau u. Pflanzenzüchtung in Freising-Weihenstephan 1967-70 am Institut f. Pharmakognosie in Würzburg
1971 - 1973	Besuch des Bayernkollegs in Schweinfurt
Juni 1973	Abitur an der gleichen Schule
1973 - 1980	Studium der Medizin an der Julius-Maximilians-Universität, Würzburg
23. 4. 1980	Approbation
16.5.80 - 31.5.81	Assistenzärztin in der Kinderabteilung des Städt. Krankenhauses in Schweinfurt

Luise v. Heßberg